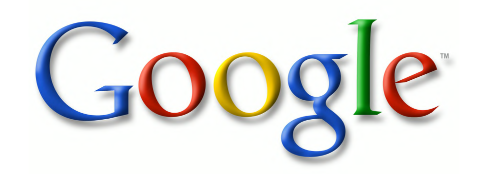
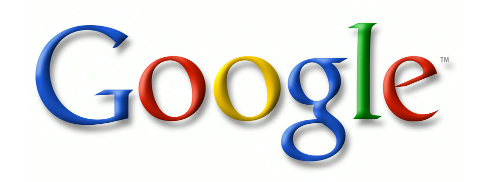
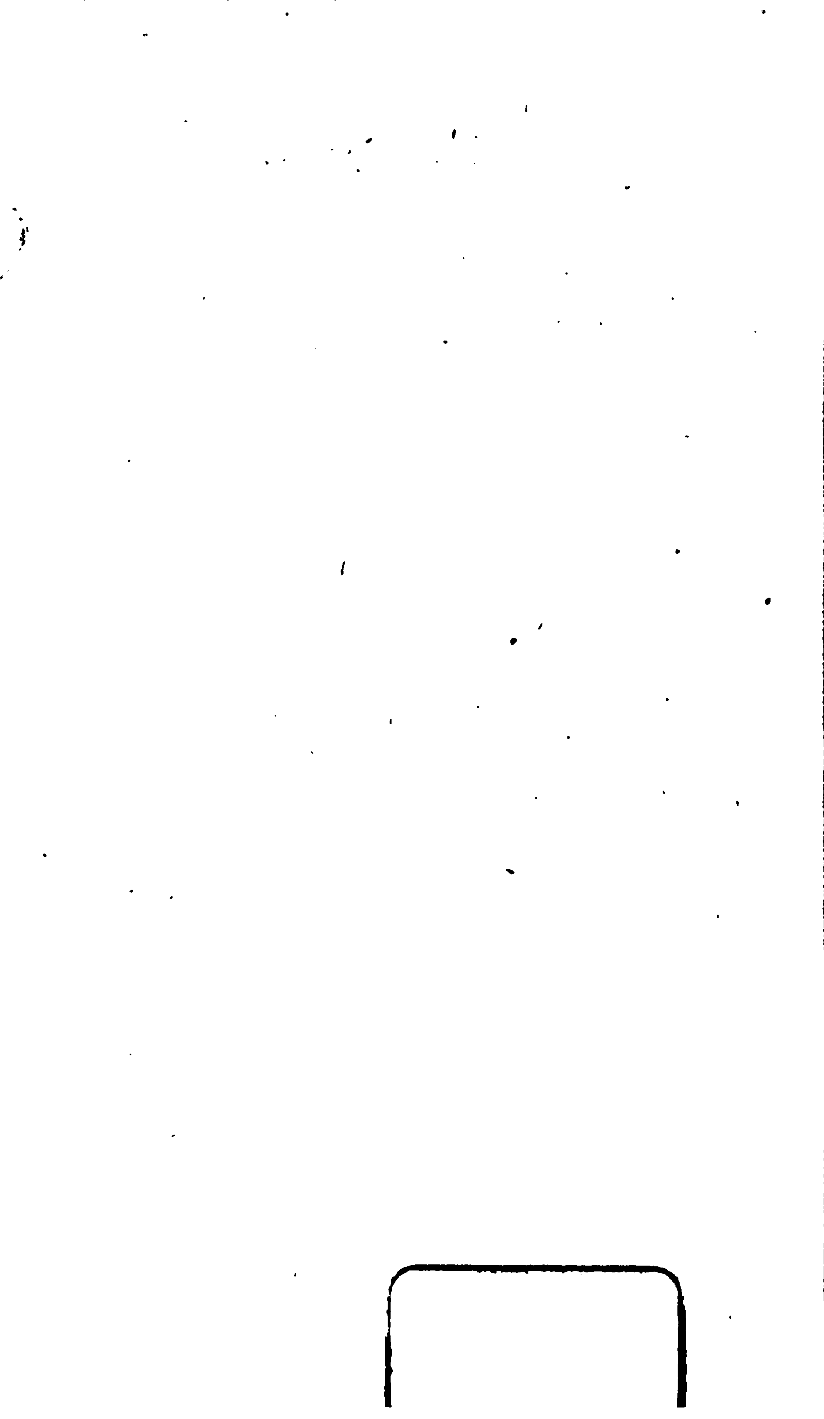








HISTOIRE

NATURELLE,

GÉNÉRALE ET PARTICULIERE.

INTRODUCTION

A L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

TOME SEPTIÈME.

ON SOUSCRIT

A PARIS,

Chez { DUFART, Imprimeur-Libraire, rue des Noyers, N° 22;
BERTRAND, Libraire, rue Montmartre, N° 113, à côté des diligences;

A ROUEN,

Chez VALLÉE, frères, Libraires, rue Beffroi, N° 22

A STRASBOURG,

Chez LEVRAULT, frères, Imprimeurs-Libraires

Et chez les principaux Libraires de l'Europe.

HISTOIRE NATURELLE,

GÉNÉRALE ET PARTICULIERE,

PAR LECLERC DE BUFFON;

NOUVELLE ÉDITION, accompagnée de Notes, et dans laquelle les Supplémens sont insérés dans le premier texte, à la place qui leur convient. L'on y a ajouté l'histoire naturelle des Quadrupèdes et des Oiseaux découverts depuis la mort de Buffon, celle des Reptiles, des Poissons, des Insectes et des Vers; enfin, l'histoire des Plantes dont ce grand Naturaliste n'a pas eu le tems de s'occuper.

OUVRAGE formant un Cours complet d'Histoire naturelle;

PAR C. S. SONNINI,

MEMBRE DE PLUSIEURS SOCIÉTÉS SAVANTES.

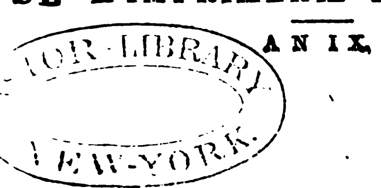
TOME SEPTIÈME.



A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE DE F. DUFART.

AN IX.



INTRODUCTION

A

L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

PARTIE EXPERIMENTALE.

TREIZIÈME MÉMOIRE.

Recherches de la cause de l'excentricité des couches ligneuses qu'on aperçoit quand on coupe horizontalement le tronc d'un arbre, de l'inégalité d'épaisseur, et du différent nombre de ces couches, tant dans le bois formé que dans l'aubier.

Par MM. Duhamel et de Buffon (1).

On ne peut travailler plus utilement pour la physique, qu'en constatant des faits douteux, et en établissant la vraie origine de ceux qu'on attribuoit sans fondement à des causes imaginaires ou insuffisantes. C'est dans cette vue que nous avons entrepris, M. de Buffon et moi, plusieurs recherches

---

(1) C'est M. Duhamel qui parle. Sonnini.

d'agriculture; que nous avons, par exemple, fait des observations et des expériences sur l'accroissement et l'entretien des arbres, sur leurs maladies et sur leurs défauts, sur les plantations et sur le rétablissement des forêts, etc. Nous commençons à rendre compte à l'académie du succès de ce travail, par l'examen d'un fait dont presque tous les auteurs d'agriculture font mention, mais qui n'a été, nous n'hésitons pas de le dire, qu'entrevu, et qu'on a, pour cette raison, attribué à des causes qui sont bien éloignées de la vérité.

Tout le monde sait que, quand on coupe horizontalement le tronc d'un chêne, par exemple, on aperçoit dans le cœur et dans l'aubier des cercles ligneux qui l'enveloppent; ces cercles sont séparés les uns des autres par d'autres cercles ligneux d'une substance plus rare, et ce sont ces derniers qui distinguent et séparent la crûe de chaque année: il est naturel de penser que, sans des accidens particuliers, ils devroient être tous à peu près d'égale épaisseur, et également éloignés du centre.

Il en est cependant tout autrement; et la plupart des auteurs d'agriculture, qui ont reconnu cette différence, l'ont attribuée à

différentes causes, et en ont tiré diverses conséquences; les uns, par exemple, veulent qu'on observe avec soin la situation des jeunes arbres dans les pépinières, pour les orienter dans la place qu'on leur destine, ce que les jardiniers appellent *planter à la boussole*; ils soutiennent que le côté de l'arbre, qui étoit opposé au soleil dans la pépinière, souffre immanquablement de son action, lorsqu'il y est exposé.

D'autres veulent que les cercles ligneux de tous les arbres soient excentriques, et toujours plus éloignés du centre ou de l'axe du tronc de l'arbre du côté du midi que du côté du nord; ce qu'ils proposent aux voyageurs qui seroient égarés dans les forêts, comme un moyen assuré de s'orienter et de retrouver leur route.

Nous avons cru devoir nous assurer par nous-mêmes de ces deux faits; et d'abord pour reconnoître si les arbres transplantés souffrent lorsqu'ils se trouvent à une situation contraire à celle qu'ils avoient dans la pépinière, nous avons choisi 50 ormes qui avoient été élevés dans une vigne, et non pas dans une pépinière touffue, afin d'avoir des sujets dont l'exposition fût bien décidée. J'ai fait, à une même hauteur, élever tous

ces arbres, dont le tronc avoit 12 ou 13 pouces de circonférence ; et avant de les arracher, j'ai marqué d'une petite entaille le côté exposé au midi ; ensuite je les ai fait planter sur deux lignes, observant de les mettre alternativement, un dans la situation où il avoit été élevé, et l'autre dans une situation contraire ; en sorte que j'ai eu 25 arbres orientés comme dans la vigne, à comparer avec 25 autres qui étoient dans une situation toute opposée : en les plantant ainsi alternativement, j'ai évité tous les soupçons qui auroient pu naître des veines de terre, dont la qualité change quelquefois tout d'un coup. Mes arbres sont prêts à faire leur troisième pousse ; je les ai bien examinés ; il ne me paroît pas qu'il y ait aucune différence entre les uns et les autres ; il est probable qu'il n'y en aura pas dans la suite, car si le changement d'exposition doit produire quelque chose, ce ne peut être que dans les premières années, et jusqu'à ce que les arbres se soient accoutumés aux impressions du soleil et du vent, qu'on prétend être capables de produire un effet sensible sur ces jeunes sujets.

Nous ne déciderons cependant pas que cette attention est superflue dans tous les

cas, car nous voyons dans les terres légères, les pêchers et les abricotiers de haute tige, plantés en espalier au midi, se dessécher entièrement du côté du soleil, et ne subsister que par le côté du mur. Il semble donc que dans les pays chauds, sur le penchant des montagnes, au midi, le soleil peut produire un effet sensible sur la partie de l'écorce qui lui est exposée; mais mon expérience décide incontestablement que dans notre climat et dans des situations ordinaires, il est inutile d'orienter les arbres qu'on transplante; c'est toujours une attention de moins, qui ne laisseroit pas que de gêner lorsqu'on plante des arbres en alignement; car, pour peu que le tronc des arbres soit un peu courbe, ils font une grande difformité, quand on n'est pas le maître de mettre la courbure dans le sens de l'alignement.

A l'égard de l'excentricité des couches ligneuses vers le midi, nous avons remarqué que les gens les plus au fait de l'exploitation des forêts, ne sont point d'accord sur ce point. Tous, à la vérité, conviennent de l'excentricité des couches annuelles; mais les uns prétendent que ces couches sont plus épaisses du côté du nord, parce que,

disent-ils, le soleil dessèche le côté du midi, et ils appuient leur sentiment sur le prompt accroissement des arbres des pays septentrionaux, qui viennent plus vîte, et grossissent davantage que ceux des pays méridionaux.

D'autres, au contraire, et c'est le plus grand nombre, prétendent avoir observé que les couches sont plus épaisses du côté du midi; et pour ajouter à leur observation un raisonnement physique, ils disent que le soleil étant le principal moteur de la sève, il doit la déterminer à passer avec plus d'abondance dans la partie où il a le plus d'action, pendant que les pluies qui viennent souvent du vent du midi, humectent l'écorce, la nourrissent, ou du moins préviennent le dessèchement que la chaleur du soleil auroit pu causer.

Voilà donc des sujets de doute entre ceux-là même qui sont dans l'usage actuel d'exploiter des bois, et on ne doit pas s'en étonner; car les différentes circonstances produisent des variétés considérables dans l'accroissement des couches ligneuses. Nous allons le prouver par plusieurs expériences; mais, avant que de les rapporter, il est bon d'avertir que nous distinguons ici les chênes,

d'abord en deux espèces; savoir, ceux qui portent des glands à longs pédicules, et ceux dont les glands sont presque collés à la branche. Chacune de ces espèces en donne trois autres; savoir, les chênes qui portent de très-gros glands, ceux dont les glands sont de médiocre grosseur, et enfin ceux dont les glands sont très-petits. Cette division, qui seroit grossière et imparfaite pour un botaniste, suffit aux forestiers, et nous l'avons adoptée, parce que nous avons cru apercevoir quelque différence dans la qualité du bois de ces espèces, et que d'ailleurs il se trouve dans nos forêts un très-grand nombre d'espèces différentes de chênes dont le bois est absolument semblable, auxquelles par conséquent nous n'avons pas eu d'égard.

Expérience première.

Le 27 mars 1734, pour nous assurer si les arbres croissent du côté du midi plus que du côté du nord, M. de Buffon a fait couper un chêne à gros glands, âgé d'environ soixante ans, à un bon pied et demi au dessus de la surface du terrain, c'est-à-dire, dans l'endroit où la tige commence à se bien arrondir, car les racines causent toujours

un élargissement au pied des arbres ; celui-ci étoit situé dans une lisière découverte à l'orient, mais un peu couverte au nord d'un côté, et de l'autre au midi. Il a fait faire la coupe le plus horizontalement qu'il a été possible, et ayant mis la pointe d'un compas dans le centre des cercles annuels, il a reconnu qu'il coïncidoit avec celui de la circonférence de l'arbre, et qu'ainsi tous lés côtés avoient également grossi ; mais, ayant fait couper ce même arbre à 20 pieds plus haut, le côté du nord étoit plus épais que celui du midi; il a remarqué qu'il y avoit une grosse branche du côté du nord, un peu au dessous des vingt pieds.

Expérience II.

Le même jour, il a fait couper de la même façon, à un pied et demi au dessus de terre, un chêne à petits glands, âgé d'environ quatre-vingts ans, situé comme le précédent; il avoit plus grossi du côté du midi que du côté du nord. Il a observé qu'il y avoit au dedans de l'arbre un nœud fort serré du côté du nord, qui venoit des racines.

Expérience III.

Le même jour, il a fait couper de même

un chêne à glands de médiocre grosseur, âgé de soixante ans, dans une lisière exposée au midi; le côté du midi étoit plus fort que celui du nord, mais il l'étoit beaucoup moins que celui du levant. Il a fait fouiller au pied de l'arbre, et il a vu que la plus grosse racine étoit du côté du levant; il a ensuite fait couper cet arbre à 2 pieds plus haut, c'est-à-dire, à près de 4 pieds de terre en tout, et à cette hauteur le côté du nord étoit plus épais que tous les autres.

Expérience IV.

Le même jour, il a fait couper à la même hauteur un chêne à gros glands, âgé d'environ soixante ans, dans une lisière exposée au levant, et il a trouvé qu'il avoit également grossi de tous côtés; mais à un pied et demi plus haut, c'est-à-dire, à 3 pieds au dessus de la terre, le côté du midi étoit un peu plus épais que celui du nord.

Expérience V

Un autre chêne à gros glands, âgé d'environ trente-cinq ans, d'une lisière exposée au levant, avoit grossi d'un tiers de plus du

côté du midi, que du côté du nord, à un pied au dessus de terre; mais à un pied plus haut, cette inégalité diminuoit déjà, et à un pied plus haut, il avoit également grossi de tous côtés : cependant en le faisant encore couper plus haut, le côté du midi étoit un tant soit peu plus fort.

Expérience VI.

Un autre chêne à gros glands, âgé de trente-cinq ans, d'une lisière exposée au midi, coupé à trois pieds au dessus de terre, étoit un peu plus fort au midi qu'au nord, mais bien plus fort du côté du levant que d'aucun autre côté.

Experience VII.

Un autre chêne de même âge et mêmes glands, situé au milieu des bois, étoit également crû du côté du midi et du côté du nord, et plus du côté du levant que du côté du couchant.

Expérience VIII.

Le 29 mars 1734, il a continué ces épreuves, et il a fait couper, à un pied et

demi au dessus de terre, un chêne à gros glands, d'une très-belle venue, âgé de quarante ans, dans une lisière exposée au midi; il avoit grossi du côté du nord beaucoup plus que d'aucun autre côté; celui du midi étoit même le plus foible de tous. Ayant fait fouiller au pied de l'arbre, il a trouvé que la plus grosse racine étoit du côté du nord.

Experience IX.

Un autre chêne de même espèce, même âge et à la même position, coupé à la même hauteur d'un pied et demi au dessus de la surface du terrain, avoit grossi du côté du midi plus que du côté du nord. Il a fait fouiller au pied, et il a trouvé qu'il y avoit une grosse racine du côté du midi, et qu'il n'y en paroissoit point du côté du nord.

Expérience X.

Un autre chêne de même espèce, mais âgé de soixante ans, et absolument isolé, avoit plus grossi du côté du nord que d'aucun autre côté. En fouillant il a trouvé que la plus grosse racine étoit du côté du nord.

Je pourrois joindre à ces observations beaucoup d'autres pareilles que M. de Buffon

a fait exécuter en Bourgogne, de même qu'un grand nombre que j'ai faites dans la forêt d'Orléans, qui se montent à l'examen de plus de quarante arbres, mais dont il m'a paru inutile de donner le détail. Il suffit de dire qu'elles décident toutes que l'aspect du midi ou du nord n'est point du tout la cause de l'excentricité des couches ligneuses, mais qu'elle ne doit s'attribuer qu'à la position des racines et des branches, de sorte que les couches ligneuses sont toujours plus épaisses du côté où il y a plus de racines, ou de plus vigoureuses. Il ne faut cependant pas manquer de rapporter une expérience que M. de Buffon a faite, et qui est absolument décisive.

Il choisit ce même jour, 29 mars, un chêne isolé, auquel il avoit remarqué quatre racines à peu près égales et disposées assez régulièrement, en sorte que chacune répondoit à très-peu près à un des quatre points cardinaux, et l'ayant fait couper à un pied et demi au dessus de la surface du terrain, il trouva, comme il le soupçonnoit, que le centre des couches ligneuses coïncidoit avec celui de la circonférence de l'arbre, et que par conséquent il avoit grossi de tous côtés également.

Ce

Ce qui nous a pleinement convaincus que la vraie cause de l'excentricité des couches ligneuses est la position des racines, et quelquefois des branches, et que si l'aspect du midi ou du nord, etc., influe sur les arbres pour les faire grossir inégalement, ce ne peut être que d'une manière insensible, puisque dans tous ces arbres, tantôt c'étoit les couches ligneuses du côté du midi qui étoient les plus épaisses, et tantôt celles du côté du nord ou de tout autre côté, et que quand nous avons coupé des troncs d'arbres à différentes hauteurs, nous avons trouvé les couches ligneuses, tantôt plus épaisses d'un côté, tantôt d'un autre.

Cette dernière observation m'a engagé à faire fendre plusieurs corps d'arbres par le milieu. Dans quelques-uns, le cœur suivoit à peu près en ligne droite l'axe du tronc; mais, dans le plus grand nombre, et dans les bois même les plus parfaits et de la meilleure fente, il faisoit des inflexions en forme de zig-zag : outre cela, dans le centre de presque tous les arbres, j'ai remarqué, aussi bien que M. de Buffon, que, dans une épaisseur d'un pouce ou un pouce et demi vers le centre, il y avoit plusieurs petits nœuds; en sorte que le bois ne s'est

trouvé bien franc qu'au-delà de cette petite épaisseur.

Ces nœuds viennent sans doute de l'éruption des branches que le chêne pousse en quantité dans sa jeunesse, qui, venant à périr, se recouvrent avec le tems, et forment ces petits nœuds auxquels on doit attribuer en partie cette direction irrégulière du cœur qui n'est pas naturelle aux arbres. Elle peut venir aussi de ce qu'ils ont perdu dans leur jeunesse leur flèche ou montant principal par la gelée, l'abroutissement du bétail, la force du vent ou de quelqu'autre accident; car ils sont alors obligés de nourrir des branches latérales pour en former leurs tiges, et le cœur de ces branches ne répondant pas à celui du tronc, il s'y fait un changement de direction. Il est vrai que peu à peu ces branches se redressent; mais il reste toujours une inflexion dans le cœur de ces arbres.

Nous n'avons donc pas aperçu que l'exposition produisît rien de sensible sur l'épaisseur des couches ligneuses, et nous croyons que quand on en remarque plus d'un côté que d'un autre, elle vient presque toujours de l'insertion des racines, ou de l'éruption de quelques branches, soit que ces branches

existent actuellement, ou qu'ayant péri, leur place soit recouverte. Les plaies cicatrisées, la gélivure, le double aubier dans un même arbre, peuvent encore produire cette augmentation d'épaisseur des couches ligneuses; mais nous la croyons absolument indépendante de l'exposition; ce que nous allons encore prouver par plusieurs observations familières.

OBSERVATION PREMIÈRE.

Tout le monde peut avoir remarqué dans les vergers, des arbres qui s'emportent, comme disent les jardiniers, sur une de leurs branches, c'est-à-dire, qu'ils poussent sur cette branche avec vigueur, pendant que les autres restent chétives et languissantes. Si l'on fouille au pied de ces arbres pour examiner leurs racines, on trouvera à peu près la même chose qu'au dehors de la terre, c'est-à-dire, que du côté de la branche vigoureuse il y aura de vigoureuses racines, pendant que celles de l'autre côté seront en mauvais état.

OBSERVATION II.

Qu'un arbre soit planté entre un gazon

et une terre façonnée, ordinairement la partie de l'arbre, qui est du côté de la terre labourée, sera plus verte et plus vigoureuse que celle qui répond au gazon.

OBSERVATION III.

On voit souvent un arbre perdre subitement une branche, et si l'on fouille au pied, on trouve le plus ordinairement la cause de cet accident dans le mauvais état où se trouvent les racines qui répondent à la branche qui a péri.

OBSERVATION IV.

Si on coupe une grosse racine à un arbre, comme on le fait quelquefois pour mettre un arbre à fruit, ou pour l'empêcher de s'emporter sur une branche, on fait languir la partie de l'arbre à laquelle cette racine correspondoit; mais il n'arrive pas toujours que ce soit celle qu'on vouloit affoiblir, parce qu'on n'est pas toujours assuré à quelle partie de l'arbre une racine porte sa nourriture, et une même racine la porte souvent à plusieurs branches; nous en allons dire quelque chose dans un moment.

OBSERVATION V.

Qu'on fende un arbre depuis une de ses branches par son tronc, jusqu'à une de ses racines, on pourra remarquer que les racines, de même que les branches, sont formées d'un faisceau de fibres, qui sont une continuation des fibres longitudinales du tronc de l'arbre.

Toutes ces observations semblent prouver que le tronc des arbres est composé de différens paquets de fibres longitudinales, qui répondent par un bout à une racine, et par l'autre, quelquefois à une, et d'autres fois à plusieurs branches; en sorte que chaque faisceau de fibres paroît recevoir sa nourriture de la racine dont il est une continuation. Suivant cela, quand une racine périt, il s'en devroit suivre le dessèchement d'un faisceau de fibres dans la partie du tronc et dans la branche correspondante, mais il faut remarquer :

1°. Que dans ce cas les branches ne font que languir, et ne meurent pas entièrement;

2°. Qu'ayant greffé par le milieu sur un sujet vigoureux une branche d'orme assez forte qui étoit chargée d'autres petites

branches, les rameaux qui étoient sur la partie inférieure de la branche greffée, poussèrent, quoique plus foiblement, que ceux du sujet. Et j'ai vu aux Chartreux de Paris, un oranger subsister et grossir en cette situation quatre ou cinq mois sur le sauvageon où il avoit été greffé. Ces expériences prouvent que la nourriture qui est portée à une partie d'un arbre, se communique à toutes les autres, et par conséquent la sève a un mouvement de communication latérale. On peut voir sur cela les expériences de M. Hales; mais ce mouvement latéral ne nuit pas assez au mouvement direct de la sève, pour l'empêcher de se rendre en plus grande abondance à la partie de l'arbre, et au faisceau même des fibres qui correspond à la racine qui la fournit, et c'est ce qui fait qu'elle se distribue principalement à une partie des branches de l'arbre, et qu'on voit ordinairement la partie de l'arbre où répond une racine vigoureuse, profiter plus que tout le reste, comme on le peut remarquer sur les arbres des lisières des forêts, car leurs meilleures racines étant presque toujours du côté du champ, c'est aussi de ce côté que les couches ligneuses sont communément les plus épaisses.

Ainsi, il paroît, par les expériences que nous venons de rapporter, que les couches ligneuses sont plus épaisses dans les endroits de l'arbre où la sève a été portée en plus grande abondance, soit que cela vienne des racines ou des branches, car on sait que les unes et les autres agissent de concert pour le mouvement de la sève.

C'est cette même abondance de sève qui fait que l'aubier se transforme plutôt en bois; c'est d'elle dont dépend l'épaisseur relative du bois parfait avec l'aubier dans les différens terrains et dans les diverses espèces, car l'aubier n'est autre chose qu'un bois imparfait, un bois moins dense, qui a besoin que la sève le traverse, et y dépose des parties fixes pour remplir ses pores, et le rendre semblable au bois : la partie de l'aubier dans laquelle la sève passera en plus grande abondance, sera donc celle qui se transformera plus promptement en bois parfait, et cette transformation doit, dans les mêmes espèces, suivre la qualité du terrain.

EXPÉRIENCES.

M. de Buffon a fait scier plusieurs chênes à deux ou trois pieds de terre, et ayant fait

polir la coupe avec la plane, voici ce qu'il a remarqué :

Un chêne, âgé de 46 ans environ, avoit d'un côté 14 couches annuelles d'aubier, et du côté opposé il en avoit 20 ; cependant les 14 couches étoient d'un quart plus épaisses que les 20 de l'autre côté.

Un autre chêne, qui paroissoit du même âge, avoit d'un côté 16 couches d'aubier, et du côté opposé il en avoit 22; cependant les 26 couches étoient d'un quart plus épaisses que les 22.

Un autre chêne de même âge avoit d'un côté 20 couches d'aubier, et du côté opposé il en avoit 24; cependant les 20 couches étoient d'un quart plus épaisses que les 24.

Un autre chêne de même âge avoit d'un côté 10 couches d'aubier, et du côté opposé il en avoit 15 ; cependant les 10 couches étoient d'un sixième plus épaisses que les 15.

Un autre chêne de même âge avoit d'un côté 14 couches d'aubier, et de l'autre 21 ; cependant les 14 couches étoient d'une épaisseur presque double de celle des 21.

Un chêne de même âge avoit d'un côté 11 couches d'aubier, et du côté opposé il

en avoit 17; cependant les 11 couches étoient d'une épaisseur double de celle des 17.

Il a fait de semblables observations sur les trois espèces de chênes qui se trouvent le plus ordinairement dans les forêts, et il n'y a point aperçu de différence.

Toutes ces expériences prouvent que l'épaisseur de l'aubier est d'autant plus grande, que le nombre des couches qui le forment est plus petit. Ce fait paroît singulier; l'explication en est cependant aisée. Pour la rendre plus claire, supposons, pour un instant, qu'on ne laisse à un arbre que deux racines, l'une à droite, double de celle qui est à gauche; si on n'a point d'attention à la communication latérale de la sève, le côté droit de l'arbre recevroit une fois autant de nourriture que le côté gauche; les cercles annuels grossiroient donc plus à droite qu'à gauche, et en même tems la partie droite de l'arbre se transformeroit plus promptement en bois parfait que la partie gauche, parce qu'en se distribuant plus de sève dans la partie droite que dans la gauche, il se déposeroit dans les interstices de l'aubier un plus grand nombre de parties fixes, propres à former le bois.

Il nous paroît donc assez bien prouvé

que de plusieurs arbres plantés dans le même terrain, ceux qui croissent plus vîte ont leurs couches ligneuses plus épaisses, et qu'en même tems leur aubier se convertit plutôt en bois que dans les arbres qui croissent lentement. Nous allons maintenant faire voir que les chênes qui sont crûs dans les terrains maigres ont plus d'aubier, par proportion à la quantité de leur bois, que ceux qui sont crûs dans les bons terrains. Effectivement, si l'aubier ne se convertit en bois parfait qu'à proportion que la sève qui le traverse y dépose des parties fixes, il est clair que l'aubier sera bien plus longtems à se convertir en bois dans les terrains maigres que dans les bons terrains.

C'est aussi ce que j'ai remarqué en examinant des bois qu'on abattoit dans une vente, dont le bois étoit beaucoup meilleur à une de ses extrémités qu'à l'autre, simplement parce que le terrain y avoit plus de fond.

Les arbres qui étoit venus dans la partie où il y avoit moins de bonne terre, étoient moins gros; leurs couches ligneuses étoient plus minces que dans les autres; ils avoient un plus grand nombre de couches d'aubier, et même généralement plus d'aubier par

proportion à la grosseur de leur bois ; je dis par proportion au bois, car si on se contentoit de mesurer avec un compas l'épaisseur de l'aubier dans les deux terrains, on le trouveroit communément bien plus épais dans le bon terrain que dans l'autre.

M. de Buffon a suivi bien plus loin ces observations, car ayant fait abattre dans un terrain sec et graveleux, où les arbres commencent à couronner à trente ans, un grand nombre de chênes à médiocres et petits glands, tous âgés de quarante-six ans, il fit aussi abattre autant de chênes de même espèce et du même âge dans un bon terrain, où le bois ne couronne que fort tard. Ces deux terrains sont à une portée de fusil l'un de l'autre, à la même exposition, et ils ne diffèrent que par la qualité et la profondeur de la bonne terre, qui dans l'un est de quelques pieds, et dans l'autre de huit à neuf pouces seulement. Nous avons pris avec une règle et un compas les mesures du cœur et de l'aubier de tous ces différens arbres, et après avoir fait une table de ces mesures, et avoir pris la moyenne entre toutes, nous avons trouvé :

1°. Qu'à l'âge de quarante-six ans, dans le terrain maigre, les chênes communs ou

de glands médiocres, avoient 1 aubier et 2 $+ \frac{2}{9}$ de cœur, et les chênes de petits glands 1 d'aubier et 1 $+ \frac{1}{16}$ de cœur ; ainsi, dans le terrain maigre, les premiers ont plus du double de cœur que les derniers :

2°. Qu'au même âge de quarante-six ans, dans un bon terrain, les chênes communs avoient 1 d'aubier et 3 de cœur, et les chênes de petits glands 1 d'aubier et 2 $\frac{1}{2}$ de cœur ; ainsi, dans les bons terrains, les premiers ont un sixième de cœur plus que les derniers.

3°. Qu'au même âge de quarante-six ans, dans le même terrain maigre, les chênes communs avoient seize ou dix-sept couches ligneuses d'aubier, et les chênes de petits glands en avoient vingt-une ; ainsi, l'aubier se convertit plutôt en cœur dans les chênes communs que dans les chênes à petits glands :

4°. Qu'à l'âge de quarante-six ans, la grosseur du bois de service, y compris l'aubier des chênes à petits glands dans le mauvais terrain, est à la grosseur du bois de service des chênes de même espèce dans le bon terrain comme 21 $\frac{1}{2}$ sont à 29 ; d'où l'on tire, en supposant les hauteurs égales, la proportion de la quantité de bois de service

dans le bon terrain à la quantité dans le mauvais terrain, comme 841 sont à 462, c'est-à-dire, presque double; et comme les arbres de même espèce s'élèvent à proportion de la bonté et de la profondeur du terrain, on peut assurer que la quantité du bois que fournit un bon terrain est beaucoup plus du double de celle que produit un mauvais terrain. Nous ne parlons ici que du bois de service, et point du tout du taillis; car, après avoir fait les mêmes épreuves et les mêmes calculs sur des arbres beaucoup plus jeunes, comme de vingt-cinq à trente ans, dans le bon et le mauvais terrain, nous avons trouvé que les différences n'étoient pas, à beaucoup près, si grandes; mais comme ce détail seroit un peu long, et que d'ailleurs il y entre quelques expériences sur l'aubier et le cœur de chêne, selon les différens âges, sur le tems absolu qu'il faut à l'aubier pour se transformer en cœur, et sur le produit des terrains maigres, comparé au produit des bons terrains, nous renvoyons le tout à un autre mémoire.

Il n'est donc pas douteux que, dans les terrains maigres, l'aubier ne soit plus épais, par proportion au bois, que dans les bons terrains; et quoique nous ne rapportions

rien ici que sur les proportions des arbres qui se sont trouvés bien sains, cependant nous remarquerons en passant que ceux qui étoient un peu gâtés, avoient toujours plus d'aubier que les autres. Nous avons pris aussi les mêmes proportions du cœur et de l'aubier dans les chênes de différens âges, et nous avons reconnu que les couches ligneuses étoient plus épaisses dans les jeunes arbres que dans les vieux, mais aussi qu'il y en avoit une bien moindre quantité. Concluons donc de nos expériences et de nos observations.

I. Que, dans tous les cas où la sève est portée avec plus d'abondance, les couches ligneuses, de même que les couches d'aubier, y sont épaisses, soit que l'abondance de cette sève, soit un effet de la bonté du terrain ou de la bonne constitution de l'arbre, soit qu'elle dépende de l'âge de l'arbre, de la position des branches ou des racines, etc.

II. Que l'aubier se convertit d'autant plutôt en bois, que la sève est portée avec plus d'abondance dans les arbres ou dans une portion de ces arbres que dans une autre; ce qui est une suite de ce que nous venons de dire.

III. Que l'excentricité des couches ligneuses dépend entièrement de l'abondance de la sève, qui se trouve plus grande dans une portion d'un arbre que dans une autre; ce qui est toujours produit par la vigueur des racines ou des branches qui répondent à la partie de l'arbre où les couches sont les plus épaisses et les plus éloignées du centre.

IV. Que le cœur des arbres suit très-rarement l'axe du tronc; ce qui est produit quelquefois par l'épaisseur inégale des couches ligneuses dont nous venons de parler, et quelquefois par des plaies recouvertes ou des extravasions de substance, et souvent par les accidens qui ont fait périr le montant principal.

QUATORZIÈME MÉMOIRE.

Observations des différens effets que produisent sur les végétaux les grandes gelées d'hyver et les petites gelées du printems.

PAR MM. DUHAMEL ET DE BUFFON(1).

LA physique des végétaux, qui conduit à la perfection de l'agriculture, est une de ces sciences dont le progrès ne s'augmente que par une multitude d'observations qui ne peuvent être l'ouvrage ni d'un homme seul, ni d'un tems borné. Aussi ces observations ne passent-elles guère pour certaines que lorsqu'elles ont été répétées et combinées en différens lieux, en différentes saisons, et par différentes personnes qui aient eu les mêmes idées. Ça été dans cette vue que nous nous sommes joints, M. de Buffon et moi, pour travailler de concert à l'éclaircissement d'un nombre de phénomènes

(1) C'est encore M. Duhamel qui parle dans ce mémoire. SONNINI.

difficiles

difficiles à expliquer dans cette partie de l'histoire de la Nature, de la connoissance desquels il peut résulter une infinité de choses utiles dans la pratique de l'agriculture.

L'accueil dont l'académie a favorisé les prémices de cette association, je veux dire, le mémoire formé de nos observations sur l'excentricité des couches ligneuses, sur l'inégalité de l'épaisseur de ces couches, sur les circonstances qui font que l'aubier se convertit plutôt en bois, ou reste plus longtems dans son état d'aubier; cet accueil, dis-je, nous a encouragés à donner également toute notre attention à un autre point de cette physique végétale, qui ne demandoit pas moins de recherches, et qui n'a pas moins d'utilité que le premier.

La gelée est quelquefois si forte pendant l'hyver, qu'elle détruit presque tous les végétaux, et la disette de 1709 est une époque de ses cruels effets.

Les grains périrent entièrement; quelques espèces d'arbres, comme les noyers, périrent aussi sans ressource; d'autres, comme les oliviers et presque tous les arbres fruitiers furent moins maltraités; ils repoussèrent de dessus leur souche, leurs racines n'ayant point été endommagées. Enfin plusieurs

grands arbres plus vigoureux poussèrent au printems, presque sur toutes les branches, et ne parurent pas en avoir beaucoup souffert. Nous ferons cependant remarquer dans la suite les dommages réels et irréparables que cet hyver leur a causés.

Une gelée qui nous prive des choses les plus nécessaires à la vie, qui fait périr entièrement plusieurs espèces d'arbres utiles, et n'en laisse presque aucun qui ne se ressente de sa rigueur, est certainement des plus redoutables; ainsi, nous avons tout à craindre des grandes gelées qui viennent pendant l'hyver, et qui nous réduiroient aux dernières extrémités, si nous en ressentions plus souvent les effets; mais heureusement on ne peut citer que deux ou trois hyvers qui, comme celui de l'année 1709, aient produit une calamité si générale.

Les plus grands désordres que causent jamais les gelées du printems, ne portent pas, à beaucoup près, sur des choses aussi essentielles, quoiqu'elles endommagent les grains, et principalement le seigle, lorsqu'il est nouvellement épié et en lait, on n'a jamais vu que cela ait produit de grandes disettes; elles n'affectent pas les parties les plus solides des arbres, leur tronc ni

leurs branches, mais elles détruisent totalement leurs productions, et nous privent de récoltes de vins et de fruits, et par la suppression des nouveaux bourgeons, elles causent un dommage considérable aux forêts.

Ainsi, quoiqu'il y ait quelques exemples que la gelée d'hyver nous ait réduits à manquer de pain, et à être privés pendant plusieurs années d'une infinité de choses utiles que nous fournissent les végétaux, le dommage que causent les gelées du printems, nous devient encore plus important, parce qu'elles nous affligent beaucoup plus fréquemment; car, comme il arrive presque tous les ans quelques gelées en cette saison, il est rare qu'elles ne diminuent nos revenus.

A ne considérer que les effets de la gelée, même très-superficiellement, on aperçoit déjà que ceux que produisent les fortes gelées d'hyver, sont très-différens de ceux qui sont occasionnés par les gelées du printems, puisque les unes attaquent le corps même et les parties les plus solides des arbres, au lieu que les autres détruisent simplement leurs productions, et s'opposent à leurs accroissemens. C'est ce qui sera

plus amplement prouvé dans la suite de ce mémoire.

Mais nous ferons voir en même tems qu'elles agissent dans des circonstances bien différentes, et que ce ne sont pas toujours les terroirs, les expositions et les situations où l'on remarque que les gelées d'hyver ont produit de plus grands désordres, qui souffrent le plus des gelées du printems.

On conçoit bien que nous n'avons pu parvenir à faire cette distinction des effets de la gelée, qu'en rassemblant beaucoup d'observations qui rempliront la plus grande partie de ce mémoire. Mais seroient-elles simplement curieuses, et n'auroient-elles d'utilité que pour ceux qui voudroient rechercher la cause physique de la gelée ? Nous espérons de plus qu'elles seront profitables à l'agriculture, et que, si elles ne nous mettent pas à portée de nous garantir entièrement des torts que nous fait la gelée, elles nous donneront des moyens pour en parer une partie : c'est ce que nous aurons soin de faire sentir, à mesure que nos observations nous en fourniront l'occasion. Il faut donc en donner le détail, que nous commencerons par ce qui regarde les grandes

gelées d'hyver ; nous parlerons ensuite des gelées du printems.

Nous ne pouvons pas raisonner avec autant de certitude des gelées d'hyver que de celles du printems, parce que, comme nous l'avons déjà dit, on est assez heureux pour n'éprouver que rarement leurs tristes effets.

La plupart des arbres étant dans cette saison dépouillés de fleurs, de fruits et de feuilles, ont ordinairement leurs bourgeons endurcis et en état de supporter des gelées assez fortes, à moins que l'été précédent n'ait été frais ; car, en ce cas, les bourgeons n'étant pas parvenus à ce dégré de maturité, que les jardiniers appellent *aoûtes*, ils sont hors d'état de résister aux plus médiocres gelées d'hyver ; mais ce n'est pas l'ordinaire, et le plus souvent les bourgeons mûrissent avant l'hyver, et les arbres supportent les rigueurs de cette saison, sans en être endommagés, à moins qu'il ne vienne des froids excessifs, joints à des circonstances fâcheuses, dont nous parlerons dans la suite.

Nous avons cependant trouvé dans les forêts beaucoup d'arbres attaqués de défauts considérables, qui ont certainement été produits par les fortes gelées dont nous

venons de parler, et particulièrement par celle de 1709; car, quoique cette énorme gelée commence à être assez ancienne, elle a produit dans les arbres qu'elle n'a pas entièrement détruits, des défauts qui ne s'effaceront jamais.

Ces défauts sont, 1° des gerces qui suivent la direction des fibres, et que les gens de forêts appellent *gélivures :*

2°. Une portion de bois mort renfermée dans le bon bois, ce que quelques forestiers appellent *gélivure entrelardée.*

Enfin le double aubier, qui est une couronne entière de bois imparfait, remplie et recouverte par de bon bois; il faut détailler ces défauts, et dire d'où ils procèdent. Nous allons commencer par ce qui regarde le double aubier.

L'aubier est, comme l'on sait, une couronne ou une ceinture plus ou moins épaisse de bois blanc et imparfait, qui, dans presque tous les arbres, se distingue aisément du bois parfait, qu'on appelle le *cœur*, par la différence de sa couleur et de sa dureté. Il se trouve immédiatement sous l'écorce, et il enveloppe le bois parfait, qui, dans les arbres sains, est à peu près de la même

couleur, depuis la circonférence jusqu'au centre; mais, dans ceux dont nous voulons parler, le bois parfait se trouve séparé par une seconde couronne de bois blanc, en sorte que sur la coupe du tronc d'un de ces arbres, on voit alternativement une couronne d'aubier, puis une de bois parfait, ensuite une seconde couronne d'aubier, et enfin un massif de bois parfait. Ce défaut est plus ou moins grand, et plus ou moins commun, selon les différens terrains et les différentes situations; dans les terres fortes et dans le touffu des forêts, il est plus rare et moins considérable que dans les clairières et dans les terres légères.

A la seule inspection de ces couronnes de bois blanc, que nous appellerons dans la suite le *faux aubier*, on voit qu'elles sont de mauvaise qualité; cependant, pour en être plus certain, M. de Buffon en a fait faire plusieurs petits soliveaux de deux pieds de longueur, sur neuf à dix lignes d'équarrissage, et en ayant fait faire de pareils de véritable aubier, il a fait rompre les uns et les autres en les chargeant dans leur milieu, et ceux de faux aubier ont toujours rompu sous un moindre poids que ceux du véritable aubier, quoique, comme l'on sait,

la force de l'aubier soit très-petite en comparaison de celle du bois formé.

Il a ensuite pris plusieurs morceaux de ces deux espèces d'aubier; il les a pesés dans l'air et ensuite dans l'eau, et il a trouvé que la pesanteur spécifique de l'aubier naturel étoit toujours plus grande que celle du faux aubier. Il a fait ensuite la même expérience avec le bois du centre de ces mêmes arbres, pour le comparer à celui de la couronne qui se trouve entre les deux aubiers, et il a reconnu que la différence étoit à peu près celle qui se trouve naturellement entre la pesanteur du bois du centre de tous les arbres et celle de la circonférence; ainsi, tout ce qui est devenu bois parfait dans ces arbres défectueux, s'est trouvé à peu près dans l'ordre ordinaire. Mais il n'en est pas de même du faux aubier, puisque, comme le prouvent les expériences que nous venons de rapporter, il est plus foible, plus tendre et plus léger que le vrai aubier, quoiqu'il ait été formé vingt et vingt-cinq ans auparavant; ce que nous avons reconnu en comptant les cercles annuels, tant de l'aubier que du bois qui recouvre ce faux aubier; et cette observation, que nous avons répétée sur nombre d'arbres, prouve incontestable-

ment que ce défaut est une suite du grand froid de 1709, car il ne faut pas être surpris de trouver toujours quelques couches de moins que le nombre des années qui se sont écoulées depuis 1709, non seulement parce qu'on ne peut jamais avoir, par le nombre des couches ligneuses, l'âge des arbres qu'à trois ou quatre années près, mais encore parce que les premières couches ligneuses qui se sont formées depuis 1709, étoient si minces et si confuses, qu'on ne peut les distinguer bien exactement.

Il est encore sûr que c'est la portion de l'arbre qui étoit en aubier, dans le tems de la grande gelée de 1709, qui, au lieu de se perfectionner et de se convertir en bois, est au contraire devenue plus défectueuse : on n'en peut pas douter après les expériences que M. de Buffon a faites pour s'assurer de la qualité de ce faux aubier.

D'ailleurs il est plus naturel de penser que l'aubier doit plus souffrir des grandes gelées que le bois formé, non seulement parce qu'étant à l'extérieur de l'arbre, il est plus exposé au froid, mais encore parce qu'il contient plus de sève, et que les fibres sont plus tendres et plus délicates que celles du bois. Tout cela paroît d'abord souffrir peu de

difficultés ; cependant on pourroit objecter l'observation rapportée dans l'histoire de l'académie, année 1710, par laquelle il paroît qu'en 1709 les jeunes arbres ont mieux supporté le grand froid que les vieux arbres ; mais comme le fait que nous venons de rapporter est certain, il faut bien qu'il y ait quelque différence entre les parties organiques, les vaisseaux, les fibres, les vésicules, etc. de l'aubier des vieux arbres et de celui des jeunes : elles seront peut-être plus souples, plus capables de prêter dans ceux-ci que dans les vieux, de telle sorte, qu'une force qui sera capable de faire rompre les unes, ne fera que dilater les autres. Au reste, comme ce sont-là des choses que les yeux ne peuvent apercevoir, et dont l'esprit reste peu satisfait, nous passerons plus légèrement sur ces conjectures, et nous nous contenterons des faits que nous avons bien observés. Cet aubier a donc beaucoup souffert de la gelée, c'est une chose incontestable ; mais a-t-il été entièrement désorganisé ? Il pourroit l'être, sans qu'il s'en fût suivi la mort de l'arbre ; pourvu que l'écorce fût resté saine, la végétation auroit pu continuer.

On voit tous les jours des saules et des ormes

qui ne subsistent que par leur écorce ; et la même chose s'est vue long-tems à la pépinière du Roule, sur un oranger qui n'a péri que depuis quelques années.

Mais nous ne croyons pas que le faux aubier dont nous parlons soit mort ; il m'a toujours paru être dans un état bien différent de l'aubier qu'on trouve dans les arbres qui sont attaqués de la gélivure entrelardée, et dont nous parlerons dans un moment : il a aussi paru de même à M. de Buffon, lorsqu'il en a fait faire des soliveaux et des cubes, pour les expériences que nous avons rapportées ; et d'ailleurs, s'il eût été désorganisé, comme il s'étend sur toute la circonférence des arbres, il auroit interrompu le mouvement latéral de la sève, et le bois du centre, qui se seroit trouvé recouvert par cette enveloppe d'aubier mort, n'auroit pas pu végéter ; il seroit mort aussi, et se seroit altéré ; ce qui n'est pas arrivé, comme le prouve l'expérience de M. de Buffon, que je pourrois confirmer par plusieurs que j'ai exécutées avec soin, mais dont je ne parlerai pas pour le présent, parce qu'elles ont été faites dans d'autres vues ; cependant on ne conçoit pas aisément comment cet aubier a pu être altéré au point de ne pouvoir se

convertir en bois, et que bien loin qu'il soit mort, il ait même été en état de fournir de la sève aux couches ligneuses qui se sont formées par dessus dans un état de perfection, qu'on peut comparer aux bois des arbres qui n'ont souffert aucun accident. Il faut bien cependant que la chose se soit passée ainsi, et que le grand hyver ait causé une maladie incurable à cet aubier; car, s'il étoit mort aussi bien que l'écorce qui le recouvre, il n'est pas douteux que l'arbre auroit péri entièrement : c'est ce qui est arrivé en 1709 à plusieurs arbres dont l'écorce s'est détachée, qui, par un reste de sève qui étoit dans leur tronc, ont poussé au printems, mais qui sont morts d'épuisement avant l'automne, faute de recevoir assez de nourriture pour subsister.

Nous avons trouvé de ces faux aubiers qui étoient plus épais d'un côté que d'un autre; ce qui s'accorde à merveille avec l'état le plus ordinaire de l'aubier. Nous en avons aussi trouvé de très-minces; apparemment qu'il n'y avoit eu que quelques couches d'aubier d'endommagées. Tous ces faux aubiers ne sont pas de la même couleur, et n'ont pas souffert une altération égale; ils ne sont pas aussi mauvais les uns

que les autres, et cela s'accorde à merveille avec ce que nous avons dit plus haut. Enfin nous avons fait fouiller au pied de quelques-uns de ces arbres, pour voir si ce même défaut existoit aussi dans les racines; mais nous les avons trouvé très-saines : ainsi il est probable que la terre qui les recouvroit les avoit garanties du grand froid.

Voilà donc un effet des plus fâcheux des gelées d'hyver, qui, pour être renfermé dans l'intérieur des arbres, n'en est pas moins à craindre, puisqu'il rend les arbres qui en sont attaqués, presque inutiles pour toutes sortes d'ouvrages; mais, outre cela, il est très-fréquent, et on a toutes les peines du monde à trouver quelques arbres qui en soient totalement exempts : cependant on doit conclure des observations que nous venons de rapporter, que tous les arbres dont le bois ne suit pas une nuance réglée depuis le centre, où il doit être d'une couleur plus foncée, jusqu'auprès de l'aubier, où la couleur s'éclaircit un peu, doivent être soupçonnés de quelques défauts, et même être entièrement rebutés pour les ouvrages de conséquence, si la différence est considérable. Disons maintenant un mot de cet

autre défaut, que nous avons appelé la *gélivure entrelardée*.

En sciant horizontalement des pieds d'arbres, on aperçoit quelquefois un morceau d'aubier mort et d'écorce desséchée, qui sont entièrement recouverts par le bois vif. Cet aubier mort occupe à peu près le quart de la circonférence dans l'endroit du tronc où il se trouve; il est quelquefois plus brun que le bon bois, et d'autres fois presque blanchâtre. Ce défaut se trouve plus fréquemment sur les côteaux exposés au midi que par-tout ailleurs. Enfin, par la profondeur où cet aubier se trouve dans le tronc, il paroît dans beaucoup d'arbres avoir péri en 1709, et nous croyons qu'il est dans tous une suite des grandes gelées d'hyver, qui ont fait entièrement périr une portion d'aubier et d'écorce, qui ont ensuite été recouverts par le nouveau bois; et cet aubier mort se trouve presque toujours à l'exposition du midi, parce que le soleil venant à fondre la glace de ce côté, il en résulte une humidité qui regèle de nouveau, et sitôt après que le soleil a disparu; ce qui forme un verglas qui, comme l'on sait, cause un préjudice considérable aux arbres. Ce défaut

n'occupe pas ordinairement toute la longueur du tronc, de sorte que nous avons vu des pièces équarries qui paroissoient très-saines, et que l'on n'a reconnu attaquées de cette gélivure, que quand on les a eu refendues pour en faire des planches ou des membrières. Si on les eût employées de toute leur grosseur, on les auroit cru exemptes de tous défauts. On conçoit cependant combien un tel vice dans leur intérieur doit diminuer leur force, et précipiter leur dépérissement.

Nous avons dit encore que les fortes gelées d'hyver faisoient quelquefois fendre les arbres suivant la direction de leurs fibres, et même avec bruit; ainsi, il nous reste à rapporter les observations que nous avons pu faire sur cet accident.

On trouve dans les forêts des arbres qui, ayant été fendus suivant la direction de leurs fibres, sont marqués d'une arête qui est formée par la cicatrice qui a recouvert ces gerçures, qui restent dans l'intérieur de ces arbres sans se réunir, parce que, comme nous le prouverons dans une autre occasion, il ne se forme jamais de réunion dans les fibres ligneuses, sitôt qu'elles ont été séparées ou rompues. Tous les ouvriers regardent

toutes ces fentes comme l'effet des gelées d'hyver ; c'est pourquoi ils appellent des gélivures, toutes les gerçures qu'ils aperçoivent dans les arbres. Il n'est pas douteux que la sève, qui augmente de volume lorsqu'elle vient à geler, comme font toutes les liqueurs aqueuses, peut produire plusieurs de ces gerçures ; mais nous croyons qu'il y en a aussi qui sont indépendantes de la gelée, et qui sont occasionnées par une trop grande abondance de sève.

Quoi qu'il en soit, nous avons trouvé de ces défectuosités dans tous les terroirs et à toutes les expositions, mais plus fréquemment qu'ailleurs dans les terroirs humides, et aux expositions du nord et du couchant ; peut-être cela vient-il, dans un cas, de ce que le froid est plus violent à ces expositions, et dans l'autre, de ce que les arbres qui sont dans les terroirs marécageux, ont le tissu de leurs fibres ligneuses plus foible et plus rare, et de ce que leur sève est plus abondante et plus aqueuse que dans les terroirs secs ; ce qui fait que l'effet de la raréfaction des liqueurs par la gelée est plus sensible, et d'autaut plus en état de désunir les fibres ligneuses, qu'elles y apportent moins de résistance.

Ce

Ce raisonnement paroît être confirmé par une autre observation ; c'est que les arbres résineux., comme le sapin, sont rarement endommagés par les grandes gelées ; ce qui peut venir de ce que leur sève est résineuse ; car on sait que les huiles ne gèlent pas parfaitement, et qu'au lieu d'augmenter de volume à la gelée, comme l'eau, elles en diminuent lorsqu'elles se figent (1).

Au reste, nous avons scié plusieurs arbres attaqués de cette maladie, et nous avons presque toujours trouvé, sous la cicatrice proéminente dont nous avons parlé, un

---

(1) M. Hales, ce savant observateur, qui nous a tant appris de choses sur la végétation, dit, dans son livre de la *Statique des végétaux*, *p.* 19, que ce sont les plantes qui transpirent le moins, qui résistent le mieux au froid des hyvers, parce qu'elles n'ont besoin, pour se conserver, que d'une très-petite quantité de nourriture. Il prouve dans le même endroit, que les plantes qui conservent leurs feuilles pendant l'hyver, sont celles qui transpirent le moins. Cependant on sait que l'oranger, le myrte, et encore plus le jasmin d'Arabie, etc., sont très-sensibles à la gelée, quoique ces arbres conservent leurs feuilles pendant l'hyver ; il faut donc avoir recours à une autre cause pour expliquer pourquoi certains arbres, qui ne se dépouillent pas pendant l'hyver, supportent si bien les plus fortes gelées.

dépôt de sève ou de bois pourri, et elle ne se distingue de ce qu'on appelle dans les forêts *des abreuvoirs* ou *des gouttières*, que parce que ces défauts, qui viennent d'une altération des fibres ligneuses qui s'est produite intérieurement, n'a occasionné aucune cicatrice qui change la forme extérieure des arbres ; au lieu que les gélivures, qui viennent d'une gerçure qui s'est étendue à l'extérieur, et qui s'est ensuite recouverte par une cicatrice, forment une arête ou une éminence en forme de corde qui annonce le vice intérieur.

Les grandes gelées d'hyver produisent sans doute bien d'autres dommages aux arbres, et nous avons encore remarqué plusieurs défauts que nous pourrions leur attribuer avec beaucoup de vraisemblance; mais, comme nous n'avons pas pu nous en convaincre pleinement, nous n'ajouterons rien à ce que nous venons de dire, et nous passerons aux observations que nous avons faites sur les effets des gelées du printems, après avoir dit un mot des avantages et des désavantages des différentes expositions par rapport à la gelée ; car cette question est trop intéressante à l'agriculture, pour ne pas essayer de l'éclaircir, d'autant que les

auteurs se trouvent dans des oppositions de sentimens plus capables de faire naître des doutes, que d'augmenter nos connoissances, les uns prétendant que la gelée se fait sentir plus vivement à l'exposition du nord, les autres voulant que ce soit à celle du midi ou du couchant; et tous ces avis ne sont fondés sur aucune observation. Nous sentons cependant bien ce qui a pu partager ainsi les sentimens, et c'est ce qui nous a mis à portée de les concilier. Mais, avant que de rapporter les observations et les expériences qui nous y ont conduits, il est bon de donner une idée plus exacte de la question.

Il n'est pas douteux que c'est à l'exposition du nord qu'il fait le plus grand froid; elle est à l'abri du soleil, qui peut seul, dans les grandes gelées, tempérer la rigueur du froid; d'ailleurs elle est exposée au vent de nord, de nord-est et de nord-ouest, qui sont les plus froids de tous, non seulement à en juger par les effets que ces vents produisent sur nous, mais encore par la liqueur des thermomètres, dont la décision est bien plus certaine.

Aussi voyons-nous, le long de nos espaliers, que la terre est souvent gelée et

endurcie toute la journée au nord, pendant qu'elle est meuble, et qu'on la peut labourer au midi.

Quand, après cela, il succède une forte gelée pendant la nuit, il est clair qu'il doit faire bien plus froid dans l'endroit où il y a déjà de la glace, que dans celui où la terre aura été échauffée par le soleil; c'est aussi pour cela que, même dans les pays chauds, on trouve encore de la neige à l'exposition du nord, sur les revers des hautes montagnes; d'ailleurs la liqueur du thermomètre se tient toujours plus bas à l'exposition du nord qu'à celle du midi; ainsi, il est incontestable qu'il y fait plus froid et qu'il y gèle plus fort.

En faut-il davantage pour faire conclure que la gelée doit faire plus de désordre à cette exposition qu'à celle du midi? et on se confirmera dans ce sentiment par l'observation que nous avons faite de la gélivure simple, que nous avons trouvée en plus grande quantité à cette exposition qu'à toutes les autres.

Effectivement, il est sûr que tous les accidens qui dépendront uniquement de la grande force de la gelée, tel que celui dont nous venons de parler, se trouveront plus

fréquemment à l'exposition du nord que par-tout ailleurs. Mais est-ce toujours la grande force de la gelée qui endommage les arbres, et n'y a-t-il pas des accidens particuliers qui font qu'une gelée médiocre leur cause beaucoup plus de préjudice que ne font les gelées beaucoup plus violentes, quand elles arrivent dans des circonstances heureuses?

Nous en avons déjà donné un exemple en parlant de la gélivure entrelardée, qui est produite par le verglas, et qui se trouve plus fréquemment à l'exposition du midi qu'à toutes les autres; et l'on se souvient bien encore qu'une partie des désordres qu'a produits l'hyver de 1709, doit être attribuée à un faux dégel, qui fut suivi d'une gelée encore plus forte que celle qui l'avoit précédée; mais les observations que nous avons faites sur les effets des gelées du printems, nous fournissent beaucoup d'exemples pareils, qui prouvent incontestablement que ce n'est pas aux expositions où il gèle le plus fort, et où il fait le plus grand froid, que la gelée fait le plus de tort aux végétaux; nous en allons donner le détail, qui va rendre sensible la proposition générale que nous venons d'avancer, et nous commencerons

par une expérience que M. de Buffon a fait exécuter en grand dans ses bois, qui sont situés près de Montbard en Bourgogne.

Il a fait couper, dans le courant de l'hyver 1734, un bois taillis de sept à huit arpens, situé dans un lieu sec, sur un terrain plat, bien découvert et environné de tous côtés de terres labourables. Il a laissé dans ce même bois, plusieurs petits bouquets carrés sans les abattre, et qui étoient orientés de façon que chaque face regardoit exactement le midi, le nord, le levant et le couchant. Après avoir bien fait nettoyer la coupe, il a observé avec soin, au printems, l'accroissement du jeune bourgeon, principalement autour des bouquets réservés : au 20 avril, il avoit poussé sensiblement dans les endroits exposés au midi, et qui par conséquent étoient à l'abri du vent du nord par les bouquets ; c'est donc en cet endroit que les bourgeons poussèrent les premiers, et parurent les plus vigoureux. Ceux qui étoient à l'exposition du levant parurent ensuite, puis ceux de l'exposition du couchant, et enfin ceux de l'exposition du nord.

Le 28 avril, la gelée se fit sentir très-vivement le matin, par un vent du nord,

le ciel étant fort serein et l'air fort sec, sur-tout depuis trois jours.

Il alla voir en quel état étoient les bourgeons autour des bouquets, et il les trouva gâtés et absolument noircis dans tous les endroits qui étoient exposés au midi et à l'abri du vent du nord; au lieu que ceux qui étoient exposés au vent froid du nord, qui souffloit encore, n'étoient que légèrement endommagés, et il fit la même observation autour de tous les bouquets qu'il avoit fait réserver. A l'égard des expositions du levant et du couchant, elles étoient, ce jour-là, à peu près également endommagées.

Les 14, 15 et 22 mai, qu'il gela assez vivement par les vents de nord et de nord-nord-ouest, il observa pareillement que tout ce qui étoit à l'abri du vent par les bouquets, étoit très-endommagé, tandis que ce qui avoit été exposé au vent, avoit très-peu souffert. Cette expérience nous paroît décisive, et fait voir que, quoiqu'il gèle plus fort aux endroits exposés au vent du nord qu'aux autres, la gelée y fait cependant moins de tort aux végétaux.

Ce fait est assez opposé au préjugé ordinaire, mais il n'en est pas moins certain, et même il est aisé à expliquer; il suffit

pour cela de faire attention aux circonstances dans lesquelles la gelée agit, et on reconnoîtra que l'humidité est la principale cause de ses effets; en sorte que tout ce qui peut occassionner cette humidité, rend en même tems la gelée dangereuse pour les végétaux, et tout ce qui dissipe l'humidité, quand même ce seroit en augmentant le froid, tout ce qui dessèche diminue les désordres de la gelée. Ce fait va être confirmé par quantité d'observations.

Nous avons souvent remarqué que dans les endroits bas, et où il règne des brouillards, la gelée se fait sentir plus vivement et plus souvent qu'ailleurs.

Nous avons, par exemple, vu en automne et au printems, les plantes délicates gelées dans un jardin potager qui est situé sur le bord d'une rivière, tandis que les mêmes plantes se conservoient bien dans un autre potager qui est situé sur la hauteur; de même dans les vallons et les lieux bas des forêts, le bois n'est jamais d'une belle venue ni d'une bonne qualité, quoique souvent ces vallons soient sur un meilleur fonds que le reste du terrain. Le taillis n'est jamais beau dans les endroits bas; et quoiqu'il y pousse plus tard qu'ailleurs, à cause d'une

fraîcheur qui est toujours concentrée, et que M. de Buffon m'a assuré avoir remarquée même l'été en se promenant la nuit dans les bois, car il y sentoit sur les éminences presque autant de chaleur que dans les campagnes découvertes, et dans les vallons: il étoit saisi d'un froid vif et inquiétant; quoique, dis-je, le bois y pousse plus tard qu'ailleurs, ces pousses sont encore endommagées par la gelée, qui, en gâtant les principaux jets, oblige les arbres à pousser des branches latérales, ce qui rend les taillis rabougris et hors d'état de faire jamais de beaux arbres de service; et ce que nous venons de dire ne se doit pas seulement entendre des profondes vallées, qui sont si susceptibles de ces inconvéniens, qu'on en remarque d'exposées au nord et fermées du côté du midi en cul de sac, dans lesquelles il gèle souvent les douze mois de l'année; mais on remarquera encore la même chose dans les plus petites vallées, de sorte qu'avec un peu d'habitude on peut reconnoître simplement, à la mauvaise figure des taillis, la pente du terrain. C'est aussi ce que j'ai remarqué plusieurs fois, et M. de Buffon l'a particulièrement observé le 28 avril 1734, car ce jour-là les bourgeons de tous

les taillis d'un an, jusqu'à six et sept, étoient gelés dans tous les lieux bas, au lieu que, dans les endroits élevés et découverts, il n'y avoit que les rejets près de terre qui fussent gâtés. La terre étoit alors fort sèche, et l'humidité de l'air ne lui parut pas avoir beaucoup contribué à ce dommage; les vignes non plus que les noyers de la campagne ne gelèrent pas : cela pourroit faire croire qu'ils sont moins délicats que le chêne; mais nous pensons qu'il faut attribuer cela à l'humidité, qui est toujours plus grande dans les bois que dans le reste des campagnes, car nous avons remarqué que souvent les chênes sont fort endommagés de la gelée dans les forêts, pendant que ceux qui sont dans les haies ne le sont point du tout.

Dans le mois de mai 1736, nous avons encore eu occasion de répéter deux fois cette observation, qui a même été accompagnée de circonstances particulières, mais dont nous sommes obligés de remettre le détail à un autre endroit de ce mémoire, pour en faire mieux sentir la singularité.

Les grands bois peuvent rendre les taillis, qui sont dans leur voisinage, dans le même état qu'ils seroient dans le fond d'une vallée;

aussi avons-nous remarqué que le long et près des lisières de grands bois, les taillis sont plus souvent endommagés par la gelée que dans les endroits qui en sont éloignés; comme dans le milieu des taillis et dans les bois où on laisse un grand nombre de baliveaux, elle se fait sentir avec bien plus de force que dans ceux qui sont plus découverts. Or, tous les désordres dont nous venons de parler, soit à l'égard des vallées, soit pour ce qui se trouve le long des grands bois ou à couvert par les baliveaux, ne sont plus considérables dans ces endroits que dans les autres, que parce que le vent et le soleil ne pouvant dissiper la transpiration de la terre et des plantes, il y reste une humidité considérable, qui, comme nous l'avons dit, cause un très-grand préjudice aux plantes.

Aussi remarque-t-on que la gelée n'est jamais plus à craindre pour la vigne, les fleurs, les bourgeons des arbres, etc. que lorsqu'elle succède à des brouillards, ou même à une pluie, quelque légère qu'elle soit; toutes ces plantes supportent des froids très-considérables sans en être endommagées, lorsqu'il y a quelque tems qu'il n'a plu, et que la terre est fort sèche, comme

nous l'avons encore éprouvé ce printems dernier.

C'est principalement pour cette même raison que la gelée agit plus puissamment dans les endroits qu'on a fraîchement labourés qu'ailleurs, et cela parce que les vapeurs qui s'élèvent continuellement de la terre, transpirent plus librement et plus abondamment des terres nouvellement labourées que des autres; il faut néanmoins ajouter à cette raison, que les plantes fraîchement labourées poussent plus vigoureusement que les autres; ce qui les rend plus sensibles aux effets de la gelée.

De même nous avons remarqué que, dans les terrains légers et sablonneux, la gelée fait plus de dégâts que dans les terres fortes, en les supposant également sèches, sans doute parce qu'ils sont plus hâtifs, et encore plus parce qu'il s'échappe plus d'exhalaisons de ces sortes de terres que des autres comme nous le prouverons ailleurs; et si une vigne nouvellement fumée est plus sujette à être endommagée de la gelée qu'une autre, n'est-ce pas à cause de l'humidité qui s'échappe des fumiers?

Un sillon de vigne, qui est le long d'un champ de sainfoin ou de pois, etc., est sou-

vent tout perdu de la gelée, lorsque le reste de la vigne est très-sain; ce qui doit certainement être attribué à la transpiration du sainfoin ou des autres plantes qui portent une humidité sur les pousses de la vigne.

Aussi, dans la vigne, les verges, qui sont de longs sarmens qu'on ménage en taillant, sont-elles toujours moins endommagées que la souche, sur-tout quand, n'étant pas attachées à l'échalas, elles sont agitées par le vent, qui ne tarde pas de les dessécher.

La même chose se remarque dans les bois, et j'ai souvent vu dans les taillis tous les bourgeons latéraux d'une souche entièrement gâtés par la gelée, pendant que les rejetons supérieurs n'avoient pas souffert; mais M. de Buffon a fait cette même observation avec plus d'exactitude; il lui a toujours paru que la gelée faisoit plus de tort à un pied de terre qu'à deux, à deux qu'à trois, de sorte qu'il faut qu'elle soit bien violente pour gâter les bourgeons au dessus de quatre pieds.

Toutes ces observations, qu'on peut regarder comme très-constantes, s'accordent donc à prouver que le plus souvent ce n'est pas le grand froid qui endommage les plantes chargées d'humidité; ce qui explique à

merveille pourquoi elle fait tant de désordres à l'exposition du midi, quoiqu'il y fasse moins froid qu'à celle du nord; et de même la gelée cause plus de dommage à l'exposition du couchant qu'à toutes les autres, quand, après une pluie du vent d'ouest, le vent tourne au nord vers le soleil couché, comme cela arrive assez fréquemment au printems, ou quand, par un vent d'est, il s'élève un brouillard froid avant le lever du soleil, ce qui n'est pas si ordinaire.

Il y a aussi des circonstances où la gelée fait plus de tort à l'exposition du levant qu'à toutes les autres; mais, comme nous avons plusieurs observations sur cela, nous rapporterons auparavant celle que nous avons faite sur la gelée du printems de 1736, qui nous a fait tant de tort l'année dernière. Comme il faisoit très-sec ce printems, il a gelé fort long-tems sans que cela ait endommagé les vignes; mais il n'en étoit pas de même dans les forêts, apparemment parce qu'il s'y conserve toujours plus d'humidité qu'ailleurs : en Bourgogne, de même que dans les forêts d'Orléans, les taillis furent endommagés de fort bonne heure. Enfin la gelée augmenta si fort, que toutes les vignes furent perdues malgré la sécheresse qui

continuoit toujours; mais, au lieu que c'est ordinairement à l'abri du vent que la gelée fait plus de dommage, au contraire, dans le printems dernier, les endroits abrités ont été les seuls qui aient été conservés; de sorte que, dans plusieurs clos de vignes entourés de murailles, on voyoit les souches le long de l'exposition du midi, être assez vertes pendant que toutes les autres étoient sèches comme en hyver; et nous avons eu deux cantons de vignes d'épargnés, l'un parce qu'il étoit abrité du vent du nord par une pépinière d'ormes, et l'autre parce que la vigne étoit remplie de beaucoup d'arbres fruitiers.

Mais cet effet est très-rare, et cela n'est arrivé que parce qu'il faisoit fort sec, et que les vignes ont résisté jusqu'à ce que la gelée soit devenue si forte pour la saison, qu'elle pouvoit endommager les plantes, indépendamment de l'humidité extérieure; et, comme nous l'avons dit, quand la gelée endommage les plantes indépendamment de cette humidité et d'autres circonstances particulières, c'est à l'exposition du nord qu'elle fait le plus de dommage, parce que c'est à cette exposition qu'il fait plus de froid.

Mais il nous semble encore apercevoir

une autre cause des désordres que la gelée produit plus fréquemment à des expositions qu'à d'autres; au levant, par exemple, plus qu'au couchant : elle est fondée sur l'observation suivante, qui est aussi constante que les précédentes.

Une gelée assez vive ne cause aucun préjudice aux plantes, quand elle fond avant que le soleil les ait frappées : qu'il gèle la nuit, si le matin le tems est couvert, s'il tombe une petite pluie, en un mot, si, par quelque cause que ce puisse être, la glace fond doucement et indépendamment de l'action du soleil, ordinairement elle ne les endommage pas; et nous avons souvent sauvé des plantes assez délicates qui étoient par hasard restées à la gelée, en les rentrant dans la serre avant le lever du soleil, ou simplement en les couvrant avant que le soleil eût donné dessus.

Une fois entre autres, il étoit survenu en automne une gelée très-forte pendant que nos orangers étoient dehors, et comme il étoit tombé de la pluie la veille, ils étoient tout couverts de verglas; on leur sauva cet accident en les couvrant avec des draps avant le soleil levé; de sorte qu'il n'y eut que les jeunes fruits et les pousses les plus tendres

tendres qui en furent endommagés ; encore sommes-nous persuadés qu'ils ne l'auroient pas été, si la couverture avoit été plus épaisse.

De même, une autre année, nos *geranium*, et plusieurs autres plantes qui craignent le verglas, étoient dehors, lorsque tout à coup le vent, qui étoit sud-ouest, se mit au nord, et fut si froid, que toute l'eau d'une pluie abondante qui tomboit se geloit, et dans un instant tout ce qui y étoit exposé fut couvert de glace : nous crûmes toutes nos plantes perdues ; cependant nous les fîmes porter dans le fond de la serre, et nous fîmes fermer les croisées ; par ce moyen nous en eûmes peu d'endommagées.

Cette précaution revient assez à ce qu'on pratique pour les animaux : qu'ils soient transis de froid, qu'ils aient un membre gelé, on se donne bien de garde de les exposer à une chaleur trop vive ; on les frotte avec de la neige, ou bien on les trempe dans de l'eau, on les enterre dans du fumier, en un mot, on les réchauffe par dégré et avec ménagement.

De même, si l'on fait dégeler trop précipitamment des fruits, ils se pourrissent à l'instant, au lieu qu'ils souffrent beaucoup

moins de dommage, si on les fait dégeler peu à peu.

Pour expliquer comment le soleil produit tant de désordres sur les plantes gelées, quelques-uns avoient pensé que la glace, en se fondant, se réduisoit en petites gouttes d'eau sphériques, qui faisoient autant de petits miroirs ardens, quand le soleil donnoit dessus; mais quelque court que soit le foyer d'une loupe, elle ne peut produire de chaleur qu'à une distance, quelque petite qu'elle soit, et elle ne pourra pas produire un grand effet sur un corps qu'elle touchera; d'ailleurs, la goutte d'eau qui est sur la feuille d'une plante, est aplatie du côté qu'elle touche à la plante; ce qui éloigne son foyer. Enfin, si ces gouttes d'eau pouvoient produire cet effet, pourquoi les gouttes de rosée, qui sont pareillement sphériques, ne le produiroient-elles pas aussi? Peut-être pourroit-on penser que les parties les plus spiritueuses et les plus volatiles de la sève fondant les premières, elles seroient évaporées avant que les autres fussent en état de se mouvoir dans les vaisseaux de la plante; ce qui décomposeroit la sève.

Mais on peut dire en général que la gelée augmentant le volume des liqueurs, tend

les vaisseaux des plantes, et que le dégel ne se pouvant faire sans que les parties qui composent le fluide gelé entrent en mouvement, ce changement se peut faire avec assez de douceur, pour ne pas rompre les vaisseaux les plus délicats des plantes, qui rentreront peu à peu dans leur ton naturel, et alors les plantes n'en souffriront aucun dommage; mais s'il se fait avec trop de précipitation, ces vaisseaux ne pourront pas reprendre sitôt le ton qui leur est naturel; après avoir souffert une extension violente, les liqueurs s'évaporeront, et la plante restera desséchée.

Quoi qu'on puisse conclure de ces conjectures, dont je ne suis pas à beaucoup près satisfait, il reste toujours pour constant:

1°. Qu'il arrive, à la vérité rarement, qu'en hyver ou au printems les plantes sont endommagées simplement par la grande force de la gelée, et indépendamment d'aucunes circonstances particulières, et dans ce cas, c'est à l'exposition du nord que les plantes souffrent le plus.

2°. Dans le tems d'une gelée qui dure plusieurs jours, l'ardeur du soleil fait fondre la glace en quelques endroits, et seulement pour quelques heures, car souvent il regèle

avant le coucher du soleil ; ce qui forme un verglas très-préjudiciable aux plantes, et on sent que l'exposition du midi est plus sujette à cet inconvénient que toutes les autres.

3°. On a vu que les gelées du printems font principalement du désordre dans les endroits où il y a de l'humidité ; les terroirs qui transpirent beaucoup, les fonds des vallées, et généralement tous les endroits qui ne pourront être desséchés par le vent et le soleil, seront donc plus endommagés que les autres.

Enfin, si au printems le soleil qui donne sur les plantes gelées, leur occasionne un dommage plus considérable, il est clair que ce sera l'exposition du levant, et ensuite du midi, qui souffriront le plus de cet accident.

Mais, dira-t-on, si cela est, il ne faut donc plus planter à l'exposition du midi en *à-dos* (qui sont des talus de terre qu'on ménage dans les potagers ou le long des espaliers), les giroflées, les choux des avents, les laitues d'hyver, les pois verds et les autres plantes délicates auxquelles on veut faire passer l'hyver, et que l'on souhaite avancer pour le printems ; ce sera à l'exposition du nord qu'il faudra dorénavant planter les pêchers

et les autres plantes délicates. Il est à propos de détruire ces deux objections, et de faire voir qu'elles sont de fausses conséquences de ce que nous avons avancé.

On se propose différens objets quand on met des plantes passer l'hyver à des abris exposés au midi ; quelquefois c'est pour hâter leur végétation ; c'est, par exemple, dans cette intention qu'on plante le long des espaliers quelques rangées de laitues, qu'on appelle, à cause de cela, des *laitues d'hyver*, qui résistent assez bien à la gelée, quelque part qu'on les mette, mais qui avancent davantage à cette exposition ; d'autres fois c'est pour les préserver de la rigueur de cette saison, dans l'intention de les replanter de bonne heure au printems; on suit, par exemple, cette pratique pour les choux qu'on appelle des *avents*, qu'on sème en cette saison le long d'un espalier. Cette espèce de choux, de même que les broccolis, sont assez tendres à la gelée, et périroient souvent à ces abris, si on n'avoit pas soin de les couvrir pendant les grandes gelées avec des paillassons ou du fumier soutenu sur des perches.

Enfin on veut quelquefois avancer la végétation de quelques plantes qui craignent

la gelée, comme seroient les giroflées, les pois verds, et pour cela on les plante sur des à-dos bien exposés au midi; mais, de plus, on les défend des grandes gelées en les couvrant lorsque le tems l'exige.

On sent bien, sans que nous soyions obligés de nous étendre davantage sur cela, que l'exposition du midi est plus propre que toutes les autres à accélérer la végétation, et on vient de voir que c'est aussi ce qu'on se propose principalement, quand on met quelques plantes passer l'hyver à cette exposition, puisqu'on est obligé, comme nous venons de le dire, d'employer, outre cela, des couvertures pour garantir de la gelée les plantes qui sont un peu délicates; mais il faut ajouter que, s'il y a quelques circonstances où la gelée fasse plus de désordre au midi qu'aux autres expositions, il y a aussi bien des cas qui sont favorables à cette exposition, sur-tout quand il s'agit d'espalier. Si, par exemple, pendant l'hyver, il y a quelque chose à craindre des verglas, combien de fois arrive-t-il que la chaleur du soleil, qui est augmentée par la réflexion de la muraille, a assez de force pour dissiper toute l'humidité, et alors les plantes sont presque en sûreté contre le froid? De

plus, combien arrive-t-il de gelées sèches qui agissent au nord sans relâche, et qui ne sont presque pas sensibles au midi ? De même, au printems, on sent bien que si, après une pluie qui vient du sud-ouest ou du sud-est, le vent se met au nord, l'espalier du midi, étant à l'abri du vent, souffrira plus que les autres ; mais ces cas sont rares, et le plus souvent c'est après des pluies de nord-ouest ou de nord-est que le vent se met au nord, et alors l'espalier du midi ayant été à l'abri de la pluie par le mur, les plantes qui y seront auront moins à souffrir que les autres, non seulement parce qu'elles auront moins reçu de pluie, mais encore parce qu'il y fait toujours moins froid qu'aux autres expositions, comme nous l'avons fait remarquer au commencement de ce mémoire.

De plus, comme le soleil dessèche beaucoup la terre le long des espaliers qui sont au midi, la terre y transpire moins qu'ailleurs.

On sent bien que ce que nous venons de dire doit avoir son application à l'égard des pêchers et des abricotiers, qu'on a coutume de mettre à cette exposition et à celle du levant ; nous ajouterons seulement qu'il

n'est pas rare de voir les pêchers geler au levant et au midi, et ne le pas être au couchant ou même au nord; mais, indépendamment de cela, on ne peut jamais compter avoir beaucoup de pêches, et de bonne qualité, à cette dernière exposition; quantité de fleurs tombent toutes entières et sans nouer; d'autres, après être nouées, se détachent de l'arbre, et celles qui restent ont peine à parvenir à une maturité : j'ai même un espalier de pêchers à l'exposition du couchant, un peu déclinante au nord, qui ne donne presque pas de fruit, quoique les arbres y soient plus beaux qu'aux expositions du midi et du nord.

Ainsi, on ne pourroit éviter les inconvéniens qu'on peut reprocher à l'exposition du midi à l'égard de la gelée, sans tomber dans d'autres plus fâcheux.

Mais tous les arbres délicats, comme les figuiers, les lauriers, etc., doivent être mis au midi, ayant soin, comme l'on fait ordinairement, de les couvrir; nous remarquerons seulement que le fumier sec est préférable pour cela à la paille, qui ne couvre jamais si exactement, et dans laquelle il reste toujours un peu de grain qui attire les mulots et les rats, qui mangent quel-

quefois l'écorce des arbres pour se désaltérer dans le tems de la gelée, où ils ne trouvent point d'eau à boire, ni d'herbes à paître ; c'est ce qui nous est arrivé deux à trois fois ; mais, quand on se sert de fumier, il faut qu'il soit sec, sans quoi il s'échaufferoit et feroit moisir les jeunes branches.

Toutes ces précautions sont cependant bien inférieures à ces espaliers en niche ou en renfoncement, tels qu'on en voit aujourd'hui au jardin du roi ; les plantes sont de cette manière à l'abri de tous les vents, excepté celui du midi, qui ne leur peut nuire ; le soleil, qui échauffe ces endroits pendant le jour, empêche que le froid n'y soit si violent pendant la nuit, et on peut avec grande facilité mettre sur ces renfoncemens une légère couverture, qui tiendra les plantes qui y seront dans un état de sécheresse infiniment propre à prévenir tous les accidens que le verglas et les gelées du printems auroient pu produire, et la plupart des plantes ne souffriront pas d'être ainsi privées de l'humidité extérieure, parce qu'elles ne transpirent presque pas dans l'hyver, non plus qu'au commencement du printems ; de sorte que l'humidité de l'air suffit à leur besoin.

Mais puisque les rosées rendent les plantes si susceptibles de la gelée du printems, ne pourroit-on pas espérer que les recherches que MM. Musschenbroeck et du Fay ont fait sur cette matière, pourroient tourner au profit de l'agriculture; car enfin, puisqu'il y a des corps qui semblent attirer la rosée, pendant qu'il y en a d'autres qui la repoussent, si on pouvoit peindre, enduire ou crêpir les murailles avec quelque matière qui repousseroit la rosée, il est sûr qu'on auroit lieu d'en espérer un succès plus heureux, que de la précaution que l'on prend de mettre une planche en manière de toit au dessus des espaliers; ce qui ne doit guère diminuer l'abondance de la rosée sur les arbres, puisque M. du Fay a prouvé que souvent elle ne tombe pas perpendiculairement comme une pluie, mais qu'elle nage dans l'air, et qu'elle s'attache aux corps qu'elle rencontre, de sorte qu'il a souvent autant amassé de rosée sous un toit que dans les endroits entièrement découverts. Il nous seroit aisé de reprendre toutes nos observations, et de continuer à en tirer des conséquences utiles à la pratique de l'agriculture; ce que nous avons dit, par exemple, au sujet de la vigne, doit déterminer à arracher tous les

arbres qui empêchent le vent de dissiper les brouillards.

Puisqu'en labourant la terre, on en fait sortir plus d'exhalaisons, il faut prêter plus d'attention à ne la pas faire labourer dans les tems critiques.

On doit défendre expressément qu'on ne sème sur les sillons de vigne des plantes potagères qui, par leurs transpirations, nuiroient à la vigne.

On ne mettra des échalas aux vignes que le plus tard qu'on pourra.

On tiendra les haies qui bordent les vignes du côté du nord, plus basses que de toute autre côté.

On préférera à amender les vignes avec des terreaux, plutôt que de les fumer.

Enfin, si on est à portée de choisir un terrain, on évitera ceux qui sont dans des fonds, ou dans des terroirs qui transpirent beaucoup.

Une partie de ces précautions peut aussi être employée très-utilement pour les arbres fruitiers, à l'égard, par exemple, des plantes potagères, que les jardiniers sont toujours empressés de mettre aux pieds de leurs buissons, et encore plus le long de leurs espaliers.

S'il y a des parties hautes et d'autres basses dans les jardins, on pourra avoir l'attention de semer les plantes printanières et délicates sur le haut, préférablement au bas, à moins qu'on n'ait dessein de les couvrir avec des cloches, des châssis, etc.; car, dans le cas où l'humidité ne peut nuire, il seroit souvent avantageux de choisir les lieux bas pour être à l'abri du vent du nord et de nord-ouest.

On peut aussi profiter de ce que nous avons dit à l'avantage des forêts, car si on a des réserves à faire, ce ne sera jamais dans les endroits où la gelée cause tant de dommage.

Si on sème un bois, on aura attention de mettre dans les vallons, des arbres qui soient plus durs à la gelée que le chêne.

Quand on fera des coupes considérables, on mettra dans les clauses du marché, qu'on les commencera toujours du côté du nord, afin que ce vent, qui règne ordinairement dans les tems de gelées, dissipe cette humidité qui est préjudiciable aux taillis.

Enfin, si, sans contrevenir aux ordonnances, on peut faire des réserves en lisières, au lieu de laisser des baliveaux qui, sans pouvoir jamais faire de beaux arbres, sont,

à tous égards, la perte des taillis, et particulièrement dans l'occasion présente, en retenant sur les taillis cette humidité qui est si fâcheuse dans les tems de gelée, on aura, en même tems, attention que la lisière de réserve ne couvre pas le taillis du côté du nord.

Il y auroit encore bien d'autres conséquences utiles qu'on pourroit tirer de nos observations ; nous nous contenterons cependant d'en avoir rapporté quelques-unes, parce qu'on pourra suppléer à ce que nous avons omis, en prêtant un peu d'attention aux observations que nous avons rapportées. Nous sentons bien qu'il y auroit encore sur cette matière nombre d'expériences à faire ; mais nous avons cru qu'il n'y avoit aucun inconvénient à rapporter celles que nous avons faites : peut-être même engageront-elles quelqu'autre personne à travailler sur la même matière ; et si elles ne produisent pas cet effet, elles ne nous empêcheront pas de suivre les vues que nous avons encore sur cela.

INTRODUCTION

A

L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

PARTIE HYPOTHÉTIQUE.

PREMIER MÉMOIRE.

Recherches sur le refroidissement de la terre et des planètes.

En supposant, comme tous les phénomènes paroissent l'indiquer, que la terre ait autrefois été dans un état de liquéfaction causée par le feu, il est démontré, par nos expériences, que, si le globe étoit entièrement composé de fer ou de matière ferrugineuse (1), il ne se seroit consolidé jusqu'au centre qu'en 4,026 ans, refroidi au point de

(1) Premier et huitième mémoires.

pouvoir le toucher sans se brûler en 46,991 ans; et qu'il ne se seroit refroidi au point de la température actuelle qu'en 100,696 ans; mais, comme la terre, dans tout ce qui nous est connu, nous paroît être composée de matières vitrescibles et calcaires qui se refroidissent en moins de tems que les matières ferrugineuses, il faut, pour approcher de la vérité autant qu'il est possible, prendre les tems respectifs du refroidissement de ces différentes matières, tels que nous les avons trouvés par les expériences du second mémoire, et en établir le rapport avec celui du refroidissement du fer. En n'employant dans cette somme que le verre, le grès, la pierre calcaire dure, les marbres et les matières ferrugineuses, on trouvera que le globe terrestre s'est consolidé jusqu'au centre en 2,905 ans environ, qu'il s'ést refroidi au point de pouvoir la toucher en 33,911 ans environ, et à la température actuelle, en 74,047 ans environ.

J'ai cru ne devoir pas faire entrer dans cette somme des rapports du refroidissement des matières qui composent le globe, ceux de l'or, de l'argent, du plomb, de l'étain, du zinc, de l'antimoine et du bismuth, parce que ces matières ne font, pour

ainsi dire, qu'une partie infiniment petite du globe.

De même je n'ai point fait entrer les rapports du refroidissement des glaises, des ocres, des craies et des gypses, parce que ces matières n'ayant que peu ou point de dureté, et n'étant que des détrimens des premières, ne doivent pas être mises au rang de celles dont le globe est principalement composé, qui, prises généralement, sont concrètes, dures et très-solides, et que j'ai cru devoir réduire aux matières vitrescibles, calcaires et ferrugineuses, dont le refroidissement, mis en somme d'après la table que j'en ai donnée (1), est à celui du fer :: 50,516 : 70,000 pour pouvoir les toucher, et :: 51,475 : 70,000 pour le point de la température actuelle. Ainsi, en partant de l'état de la liquéfaction, il a dû s'écouler 2,905 ans avant que le globe de la terre fût consolidé jusqu'au centre; de même il s'est écoulé 33,911 ans avant que sa surface fût assez refroidie pour pouvoir la toucher, et 74,047 ans avant que sa chaleur propre ait diminué au point de la température actuelle;

(1) Second mémoire, tome V.

et

et comme la diminution du feu ou de la très-grande chaleur se fait toujours à très-peu près en raison de l'épaisseur des corps, ou du diamètre des globes de même densité, il s'ensuit que la lune, dont le diamètre n'est que de $\frac{3}{11}$ de celui de la terre, auroit dû se consolider jusqu'au centre en 792 ans $\frac{3}{11}$ environ; se refroidir au point de pouvoir la toucher en 9,248 ans $\frac{5}{11}$ environ, et perdre assez de sa chaleur propre pour arriver au point de la température actuelle en 20,194 ans environ, en supposant que la lune est composée des mêmes matières que le globe terrestre; néanmoins comme la densité de la terre est à celle de la lune : : 1,000 : 702, et qu'à l'exception des métaux, toutes les autres matières vitrescibles ou calcaires suivent dans leur refroidissement le rapport de la densité assez exactement, nous diminuerons les tems du refroidissement de la lune dans ce même rapport de 1,000 à 702; en sorte qu'au lieu de s'être consolidée jusqu'au centre en 792 ans, on doit dire 556 ans environ, pour le tems réel de sa consolidation jusqu'au centre, et 6,492 ans pour son refroidissement au point de pouvoir la toucher, et enfin 14,176 ans pour son refroidissement à la température

actuelle de la terre ; en sorte qu'il y a 59,871 ans entre le tems de son refroidissement et celui du refroidissement de la terre, abstraction faite de la compensation qu'a dû produire sur l'une et sur l'autre la chaleur du soleil, et la chaleur réciproque qu'elles se sont envoyée.

De même le globe de mercure, dont le diamètre n'est que $\frac{1}{3}$ de celui de notre globe, auroit dû se consolider jusqu'au centre en 968 ans $\frac{1}{3}$; se refroidir au point de pouvoir le toucher en 11,301 ans environ, et arriver à celui de la température actuelle de la terre en 24,682 ans environ, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle de la terre; mais sa densité étant à celle de la terre : : 2,040 : 1,000, il faut prolonger dans la même raison les tems de son refroidissement. Ainsi, mercure s'est consolidé jusqu'au centre en 1,976 ans $\frac{3}{10}$, refroidi au point de pouvoir le toucher en 23,054 ans, et enfin à la température actuelle de la terre en 50,351 ans; en sorte qu'il y a 23,696 ans entre le tems de son refroidissement et celui du refroidissement de la terre, abstraction faite de même de la compensation qu'a dû faire à la perte de sa chaleur propre, la chaleur du soleil, duquel il est plus voisin qu'aucune autre planète.

De même le diamètre du globe de mars n'étant que $\frac{13}{25}$ de celui de la terre, il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 1,510 ans $\frac{3}{5}$ environ ; se refroidir au point de pouvoir le toucher en 17,634 ans environ, et arriver à celui de la température actuelle de la terre en 38,504 ans environ, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle de la terre ; mais sa densité étant à celle du globe terrestre : : 730 : 1,000, il faut diminuer dans la même raison les tems de son refroidissement. Ainsi, mars se sera consolidé jusqu'au centre en 1,102 ans $\frac{18}{25}$ environ, refroidi au point de pouvoir le toucher en 12,873 ans, et enfin à la température actuelle de la terre en 28,108 ans ; en sorte qu'il y a 45,839 ans entre les tems de son refroidissement et celui de la terre, abstraction faite de la différence qu'a dû produire la chaleur du soleil sur ces deux planètes.

De même le diamètre du globe de vénus étant $\frac{17}{18}$ du diamètre de notre globe, il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 2,744 ans environ ; se refroidir au point de pouvoir le toucher en 32,027 ans environ, et arriver à celui de la température actuelle de la terre en 69,933 ans, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle de la terre ;

mais sa densité étant à celle du globe terrestre : : 1,270 : 1,000, il faut augmenter dans la même raison les tems de son refroïdissement. Ainsi, vénus ne se sera consolidée jusqu'au centre qu'en 3,484 ans $\frac{22}{25}$ environ, refroidie au point de pouvoir la toucher en 40,674 ans, et enfin à la température actuelle de la terre en 88,815 ans environ; en sorte que ce ne sera que dans 14,768 ans que vénus sera au même point de température qu'est actuellement la terre, toujours abstraction faite de la différente compensation qu'a dû faire la chaleur du soleil sur l'une et sur l'autre.

Le diamètre du globe de saturne étant à celui de la terre : : 9 $\frac{1}{2}$: 1, il s'ensuit que, malgré son grand éloignement du soleil, il est encore bien plus chaud que la terre; car, abstraction faite de cette légère différence, causée par la moindre chaleur qu'il reçoit du soleil, il se trouve qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 27,597 ans $\frac{1}{2}$; se refroidir au point de pouvoir le toucher en 322,154 ans $\frac{1}{2}$, et arriver à celui de la température actuelle en 703,446 $\frac{1}{2}$, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle du globe terrestre; mais sa densité n'étant à celle de la terre que : : 184 : 1,000, il faut diminuer

dans la même raison les tems de son refroidissement. Ainsi, saturne se sera consolidé jusqu'au centre en 5,078 ans environ, refroidi au point de pouvoir le toucher en 59,276 ans environ, et enfin à la température actuelle en 129,434 ans; en sorte que ce ne sera que dans 55,387 ans que saturne sera refroidi au même point de température qu'est actuellement la terre, abstraction faite non seulement de la chaleur du soleil, mais encore de celle qu'il a dû recevoir de ses satellites et de son anneau.

De même, le diamètre de jupiter étant onze fois plus grand que celui de la terre, il s'ensuit qu'il est encore bien plus chaud que saturne, parce que, d'une part, il est plus gros, et que, d'autre part, il est moins éloigné du soleil; mais en ne considérant que sa chaleur propre, on voit qu'il n'auroit dû se consolider jusqu'au centre qu'en 31,955 ans; ne se refroidir au point de pouvoir le toucher qu'en 373,021 ans, et n'arriver à celui de la température de la terre qu'en 814,514 ans, s'il étoit composé d'une matière semblable à celle du globe terrestre; mais sa densité n'étant à celle de la terre que : : 292 : 1,000, il faut diminuer dans la même raison les tems de son refroidissement.

Ainsi, jupiter se sera consolidé jusqu'au centre en 9,331 ans ½ environ, refroidi au point de pouvoir le toucher en 108,922 ans, et enfin à la température actuelle en 237,838 ans; en sorte que ce ne sera que dans 163,791 ans que jupiter sera refroidi au même point de température qu'est actuellement la terre, abstraction faite de la compensation, tant par la chaleur du soleil que par la chaleur de ses satellites.

Ces deux planètes, jupiter et saturne, quoique les plus éloignées du soleil, doivent donc être beaucoup plus chaudes que la terre, qui néanmoins, à l'exception de vénus, est de toutes les autres planètes celle qui est actuellement la moins froide. Mais les satellites de ces deux grosses planètes auront, comme la lune, perdu leur chaleur propre en beaucoup moins de tems, et dans la proportion de leur diamètre et de leur densité; il y a seulement une double compensation à faire sur cette perte de la chaleur intérieure des satellites, d'abord par celle du soleil, et ensuite par la chaleur de la planète principale, qui a dû, sur-tout dans le commencement et encore aujourd'hui, se porter sur ces satellites, et les réchauffer à l'extérieur beaucoup plus que celle du soleil.

Dans la supposition que toutes les planètes aient été formées de la matière du soleil, et projetées hors de cet astre dans le même tems, on peut prononcer sur l'époque de leur formation, par le tems qui s'est écoulé pour leur refroidissement. Ainsi, la terre existe, comme les autres planètes, sous une forme solide et consistante à la surface, au moins depuis 74,047 ans, puisque nous avons démontré qu'il faut ce même tems pour refroidir au point de la température actuelle un globe en incandescence, qui seroit de la même grosseur que le globe terrestre (1), et composé des mêmes matières. Et comme la déperdition de la chaleur, de quelque dégré qu'elle soit, se fait en même raison que l'écoulement du tems, on ne peut guère douter que cette chaleur de la terre ne fût double il y a 37,023 ans $\frac{1}{2}$, de ce qu'elle est aujourd'hui, et qu'elle n'ait été triple, quadruple, centuple, etc. dans des tems plus reculés à mesure qu'on se rapproche de la date de l'état primitif de l'incandescence générale. Sur les 74,047 ans, il s'est, comme nous l'avons dit, écoulé 2,905

(1) Voyez le huitième mémoire de la Partie expérimentale, tome VI.

ans avant que la masse entière de notre globe fût consolidée jusqu'au centre; l'état d'incandescence, d'abord avec flamme, et ensuite avec lumière rouge à la surface, a duré tout ce tems, après lequel la chaleur, quoique obscure, ne laissoit pas d'être assez forte pour enflammer les matières combustibles, pour rejeter l'eau et la dissiper en vapeurs, pour sublimer les substances volatiles, etc. Cet état de grande chaleur sans incandescence a duré 33,911 ans; car nous avons démontré, par les expériences du premier mémoire (1), qu'il faudroit 42,964 ans à un globe de fer gros comme la terre, et chauffé jusqu'au rouge, pour se refroidir au point de pouvoir le toucher sans se brûler; et, par les expériences du second mémoire (2), on peut conclure que le rapport du refroidissement à ce point des principales matières qui composent le globe terrestre, est à celui du refroidissement du fer :: 50,516 : 70,000; or, 70,000 : 50,516 :: 42,964 : 33,911 à très-peu près. Ainsi, le globe terrestre, très-opaque aujourd'hui, a d'abord été brillant de sa propre lumière pendant 2,905 ans, et ensuite sa surface n'a cessé

(1) Tome IV, page 377.

(2) Tome V, pages 5 et suiv.

d'être assez chaude pour brûler, qu'au bout de 33,911 autres années. Déduisant donc ce tems sur 74,047 ans qu'a duré le refroidissement de la terre au point de la température actuelle, il reste 40,136 ans ; c'est de quelques siècles après cette époque, que l'on peut, dans cette hypothèse, dater la naissance de la Nature organisée sur le globe de la terre ; car il est évident qu'aucun être vivant et organisé n'a pu exister, et encore moins subsister dans un monde où la chaleur étoit encore si grande, qu'on ne pouvoit, sans se brûler, en toucher la surface, et que par conséquent ce n'a été qu'après la dissipation de cette chaleur trop forte, que la terre a pu nourrir des animaux et des plantes.

La lune, qui n'a que $\frac{3}{11}$ du diamètre de notre globe, et que nous supposons composée d'une matière dont la densité n'est à celle de la terre que :: 702 : 1,000, a dû parvenir à ce premier moment de chaleur bénigne et productive bien plus tôt que la terre, c'est-à-dire, quelque tems après les 6,492 ans qui se sont écoulés avant son refroidissement, au point de pouvoir, sans se brûler, en toucher la surface.

Le globe terrestre se seroit donc refroidi,

du point d'incandescence au point de la température actuelle, en 74,047 ans, supposé que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre ; mais, d'une part, le soleil envoyant constamment à la terre une certaine quantité de chaleur, l'accession, ou le gain de cette chaleur extérieure, a dû compenser en partie la perte de sa chaleur intérieure ; et d'autre part la lune, dont la surface, à cause de sa proximité, nous paroît aussi grande que celle du soleil, étant aussi chaude que cet astre dans le tems de l'incandescence générale, envoyoit en ce moment à la terre autant de chaleur que le soleil même ; ce qui fait une seconde compensation qu'on doit ajouter à la première, sans compter la chaleur envoyée dans le même tems par les cinq autres planètes, qui semble devoir ajouter encore quelque chose à cette quantité de chaleur extérieure que reçoit et qu'a reçue la terre dans les tems précédens ; abstraction faite de toute compensation par la chaleur extérieure à la perte de la chaleur propre de chaque planète, elles se seroient donc refroidies dans l'ordre suivant :

A POUVOIR EN TOUCHER LA SURFACE SANS SE BRULER.			A LA TEMPÉRATURE actuelle DE LA TERRE.
Le Globe Terrestre	en	33911 ans.	En 74047 ans.
LA LUNE....	en	6492 ans.	En 14176 ans.
MERCURE...	en	23054 ans.	En 50351 ans.
VÉNUS......	en	40674 ans.	En 88815 ans.
MARS.......	en	12873 ans.	En 28408 ans.
JUPITER....	en	108922 ans.	En 237838 ans.
SATURNE...	en	59276 ans.	En 127434 ans.

Mais on verra que ces rapports varieront par la compensation que la chaleur du soleil a faite à la perte de la chaleur propre de toutes les planètes.

Pour estimer la compensation que fait l'accession de cette chaleur extérieure envoyée par le soleil et les planètes, à la perte de la chaleur intérieure de chaque planète en particulier, il faut commencer par évaluer la compensation que la chaleur du soleil seul a faite à la perte de la chaleur propre du globe terrestre. On a fait une estimation assez précise de la chaleur qui émane actuellement de la terre et de celle qui lui vient du soleil; on a trouvé, par des observations très-exactes et suivies pendant plusieurs années, que cette chaleur qui émane du

globe terrestre, est en tout tems et en toutes saisons bien plus grande que celle qu'il reçoit du soleil. Dans nos climats, et particulièrement sous le parallèle de Paris, elle paroît être en été vingt-neuf fois, et en hyver quatre cents quatre-vingt-onze fois plus grande que la chaleur qui nous vient du soleil (1). Mais on tomberoit dans l'erreur, si l'on vouloit tirer de l'un ou de l'autre de ces rapports, ou même des deux pris ensemble, le rapport réel de la chaleur propre du globe terrestre à celle qui lui vient du soleil, parce que ces rapports ne donnent que les points de la plus grande chaleur de l'été, et de la plus petite chaleur; ou, ce qui est la même chose, du plus grand froid en hyver, et qu'on ignore tous les rapports intermédiaires des autres saisons de l'année. Néanmoins ce ne seroit que de la somme de tous ces rapports soigneusement observés chaque jour, et ensuite réunis, qu'on pourroit tirer la proportion réelle de la chaleur du globe terrestre à celle qui lui vient du soleil. Mais nous pouvons arriver

(1) Voyez la table dressée par M. de Mairan, Mémoires de l'académie des sciences, année 1755, page 143.

plus aisément à ce même but, en prenant le climat de l'équateur qui n'est pas sujet aux mêmes inconvéniens, parce que les étés, les hyvers et toutes les saisons y étant à peu près égales, le rapport de la chaleur solaire à la chaleur terrestre y est constant, et toujours de $\frac{1}{50}$, non seulement sous la ligne équatoriale, mais à cinq dégrés des deux côtés de cette ligne (1). On peut donc croire, d'après ces observations, qu'en général la chaleur de la terre est encore aujourd'hui cinquante fois plus grande que la chaleur qui lui vient du soleil. Cette addition ou compensation de $\frac{1}{50}$ à la perte de la chaleur propre du globe, n'est pas si considérable qu'on auroit été porté à l'imaginer. Mais, à mesure que le globe se refroidira davantage, cette même chaleur du soleil fera une plus forte compensation, et deviendra de plus en plus nécessaire au maintien de la nature vivante; comme elle a été de moins en moins utile à mesure qu'on remonte vers les premiers tems; car, en prenant 74,047 ans pour date de la formation de la terre et des planètes, il s'est écoulé peut-être plus de 35,000 ans, où la chaleur du soleil étoit de trop pour

(1) Voyez la table citée ci-devant.

nous, puisque la surface de notre globe étoit encore si chaude au bout de 33,911 ans, qu'on n'auroit pu la toucher.

Pour évaluer l'effet total de cette compensation, qui est $\frac{1}{50}$ aujourd'hui, il faut chercher ce qu'elle a été précédemment, à commencer du premier moment, lorsque la terre étoit en incandescence ; ce que nous trouverons en comparant la chaleur actuelle du globe terrestre avec celle qu'il avoit dans ce tems. Or, nous savons, par les expériences de Newton, corrigées dans notre premier mémoire (1), que la chaleur du fer rouge, qui est à très-peu près égale à celle du verre en incandescence, est huit fois plus grande que la chaleur de l'eau bouillante, et vingt-quatre fois plus grande que celle du soleil en été. Or, cette chaleur du soleil en été, à laquelle Newton a comparé les autres chaleurs, est composée de la chaleur propre de la terre et de celle qui lui vient du soleil en été dans nos climats ; et comme cette dernière chaleur n'est que $\frac{1}{29}$ de la première, il s'ensuit que de $\frac{30}{30}$ ou 1, qui représentent ici l'unité de la

(1) Premier mémoire sur les progrès de la chaleur, Partie expérimentale, tome IV, page 377.

chaleur en été, il n'en appartient au soleil que $\frac{1}{30}$, et qu'il en appartient $\frac{29}{30}$ à la terre. Ainsi, la chaleur du fer rouge, qui a été trouvée vingt-quatre fois plus grande que ces deux chaleurs prises ensemble, doit être augmentée de $\frac{1}{30}$ dans la même raison qu'elle est aussi diminuée, et cette augmentation est par conséquent de $\frac{24}{30}$ ou de $\frac{4}{5}$. Nous devons donc estimer à très-peu près 25 la chaleur du fer rouge, relativement à la chaleur propre et actuelle du globe terrestre qui nous sert d'unité. On peut donc dire que dans le tems de l'incandescence, il étoit vingt-cinq fois plus chaud qu'il ne l'est aujourd'hui; car nous devons regarder la chaleur du soleil comme une quantité constante, ou qui n'a que très-peu varié depuis la formation des planètes. Ainsi, la chaleur actuelle du globe étant à celle de son état d'incandescence : : 1 : 25, et la diminution de cette chaleur s'étant faite en même raison que la succession du tems, dont l'écoulement total, depuis l'incandescence, est de 74,047 ans; nous trouverons, en divisant 74,047 par 25, que, tous les 2,962 ans environ, cette première chaleur du globe a diminué de $\frac{1}{25}$, et qu'elle continuera de diminuer de même jusqu'à ce qu'elle soit entièrement dissipée; en sorte

qu'ayant été 25, il y a 74,047 ans ; et se trouvant aujourd'hui $\frac{25}{25}$ ou 1, elle sera dans 74,047 autres années $\frac{1}{25}$ de ce qu'elle est actuellement.

Mais cette compensation par la chaleur du soleil, étant $\frac{1}{50}$ aujourd'hui, étoit vingt-cinq fois plus petite dans le tems que la chaleur du globe étoit vingt-cinq fois plus grande ; multipliant donc $\frac{1}{50}$ par $\frac{1}{25}$, la compensation dans l'état d'incandescence n'étoit que de $\frac{1}{1250}$. Et comme la chaleur primitive du globe a diminué de $\frac{1}{25}$ tous les 2,962 ans, on doit en conclure que, dans les derniers 2,962 ans, la compensation étant $\frac{1}{50}$, et dans les premiers 2,962 ans étant $\frac{1}{1250}$, dont la somme est $\frac{26}{1250}$, la compensation des tems suivans et antécédens, c'est-à-dire, pendant les 2,962 ans précédent les derniers, et pendant les 2,962 suivant les premiers, a toujours été égale à $\frac{26}{1250}$. D'où il résulte que la compensation totale pendant les 74,047 ans, est $\frac{26}{1250}$ multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de 2,962 ans, ce qui donne $\frac{325}{1250}$ ou $\frac{13}{50}$. C'est là toute la compensation que la chaleur du soleil a faite à la perte de la chaleur propre du globe terrestre ; cette perte depuis le commencement jusqu'à la fin des 74,047 ans étant 25, elle est

est à la compensation totale, comme le tems total de la période est au tems du prolongement du refroidissement pendant cette période de 74,047 ans. On aura donc 25 : $\frac{13}{10}$: : 74,047 : 770 ans environ. Ainsi, au lieu de 74,047 ans, on doit dire qu'il y a 74,817 ans que la terre a commencé de recevoir la chaleur du soleil, et de perdre la sienne.

Le feu du soleil, qui nous paroît si considérable, n'ayant compensé la perte de la chaleur propre de notre globe que de $\frac{13}{10}$ sur 25, depuis le premier tems de sa formation, l'on voit évidemment que la compensation qu'a pu produire la chaleur envoyée par la lune et par les autres planètes à la terre, est si petite, qu'on pourroit la négliger sans craindre de se tromper, de plus de dix ans sur le prolongement des 74,817 ans qui se sont écoulés pour le refroidissement de la terre à la température actuelle. Mais, comme dans un sujet de cette espèce on peut desirer que tout soit démontré, nous ferons la recherche de la compensation qu'a pu produire la chaleur de la lune à la perte de la chaleur du globe de la terre.

La lune se seroit refroidie au point de pouvoir en toucher la surface en 6,492 ans, et au point de la température actuelle de la

terre en 14,176 ans, en supposant que la terre se fût elle-même refroidie à ce point en 74,047 ans ; mais, comme elle ne s'est réellement refroidie à la température actuelle qu'en 74,817 ans environ, la lune n'a pu se refroidir de même qu'en 14,323 ans environ, en supposant encore que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre. Ainsi, sa chaleur étoit à la fin de cette période de 14,323 ans, 25 fois plus petite que dans le tems de l'incandescence, et l'on aura, en divisant 14,323 par 25,533 ans environ ; en sorte que, tous les 533 ans, cette première chaleur de la lune a diminué de $\frac{1}{25}$, et qu'étant d'abord 25, elle s'est trouvée $\frac{25}{25}$ ou 1 au bout de 14,323 ans, et de $\frac{1}{25}$ au bout de 14,323 autres années ; d'où l'on peut conclure que la lune, après 28,646 ans, auroit été aussi refroidie que la terre le sera dans 74,817 ans, si rien n'eût compensé la perte de la chaleur propre de cette planète.

Mais la lune n'a pu envoyer à la terre une chaleur un peu considérable que pendant le tems qu'a duré son incandescence et son état de chaleur, jusqu'au dégré de la température actuelle de la terre, et elle seroit en effet arrivée à ce point de refroidissement en 14,323 ans, si rien n'eût compensé la perte

de sa chaleur propre; mais nous démontrerons tout à l'heure, que, pendant cette période de 14,323 ans, la chaleur du soleil a compensé la perte de la chaleur de la lune, assez pour prolonger le tems de son refroidissement de 149 ans; et nous démontrerons de même que la chaleur envoyée par la terre à la lune pendant cette même période de 14,323 ans, a prolongé son refroidissement de 1,937 ans. Ainsi, la période réelle du tems du refroidissement de la lune, depuis l'incandescence jusqu'à la température actuelle de la terre, doit être augmentée de 2,086 ans, et se trouve être de 16,409 ans, au lieu de 14,323 ans.

Supposant donc la chaleur qu'elle nous envoyoit dans le tems de son incandescence, égale à celle qui nous vient du soleil, parce que ces deux astres nous présentent chacun une surface à peu près égale, on verra que cette chaleur envoyée par la lune, étant comme celle du soleil $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, ne faisoit compensation dans le tems de l'incandescence que de $\frac{1}{1250}$ à la perte de la chaleur intérieure de notre globe, parce qu'il étoit lui-même en incandescence, et qu'alors sa chaleur propre étoit 25 fois plus grande

qu'elle ne l'est aujourd'hui. Or, au bout de 16,409 ans, la lune étant refroidie au même point de température que l'est actuellement la terre, la chaleur que cette planète lui envoyoit dans ce tems, n'auroit pu faire qu'une compensation 25 fois plus petite que la première, c'est-à-dire, de $\frac{1}{31250}$, si le globe terrestre eût conservé son état d'incandescence; mais sa première chaleur ayant diminué de $\frac{1}{25}$ tous les 2,962 ans, elle n'étoit plus que de $19\frac{1}{2}$ environ au bout de 16,409 ans. Ainsi, la compensation que faisoit alors la chaleur de la lune, au lieu de n'être que de $\frac{1}{31250}$ étoit de $\frac{\frac{19\frac{1}{2}}{25}}{31250}$. En ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier tems, c'est-à-dire, $\frac{1}{1250}$ avec $\frac{\frac{19\frac{1}{2}}{25}}{31250}$, on aura $\frac{25\,\frac{19\frac{1}{2}}{25}}{31250}$ pour la somme de ces deux compensations, qui, étant multipliée par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donne $\frac{309\frac{3}{4}}{31250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur envoyée par la lune à la terre pendant les 16,409 ans. Et comme la perte de la chaleur propre est

à la compensation en même raison que le tems total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{309 \frac{3}{4}}{31250}$: : 16,409 : 6 $\frac{62}{125}$ environ. Ainsi, la chaleur que la lune a envoyée sur le globe terrestre pendant 16,409 ans, c'est-à-dire, depuis l'état de son incandescence jusqu'à celui où elle avoit une chaleur égale à la température actuelle de la terre, n'a prolongé le refroidissement de notre globe que de six ans $\frac{1}{2}$ environ, qui, étant ajoutés aux 74,817 ans que nous avons trouvés précédemment, font en tout 74,823 ans $\frac{1}{2}$ environ, qu'on doit encore augmenter de 8 ans, parce que nous n'avons compté que 74,047 ans, au lieu de 74,817 pour le tems du refroidissement de la terre, et que 74,047 ans : 770 : : 770 : 8 ans environ, et par conséquent on peut réellement assigner 74,831 $\frac{1}{2}$ ou 74,832 ans, à très-peu près pour le tems précis qui s'est écoulé depuis l'incandescence de la terre jusqu'à son refroidissement à la température actuelle.

On voit, par cette évaluation de la chaleur que la lune a envoyée sur la terre, combien est encore plus petite la compensation que la chaleur des cinq autres planètes

a pu faire à la perte de la chaleur intérieure de notre globe ; ces cinq planètes prises ensemble ne présentent pas à nos yeux une étendue de surface à beaucoup près aussi grande que celle de la lune seule, et quoique l'incandescence des deux grosses planètes ait duré bien plus long-tems que celle de la lune, et que leur chaleur subsiste encore aujourd'hui à un très-haut dégré, leur éloignement de nous est si grand, qu'elles n'ont pu prolonger le refroidissement de notre globe que d'une si petite quantité de tems, qu'on peut la regarder comme nulle, et qu'on doit s'en tenir aux 74,832 ans que nous avons déterminés pour le tems réel du refroidissement de la terre à la température actuelle.

Maintenant il faut évaluer, comme nous l'avons fait pour la terre, la compensation que la chaleur du soleil a faite à la perte de la chaleur propre de la lune, et aussi la compensation que la chaleur du globe terrestre a pu faire à la perte de cette même chaleur de la lune, et démontrer, comme nous l'avons avancé, qu'on doit ajouter 2,086 à la période de 14,323 ans, pendant laquelle elle auroit perdu sa chaleur propre jusqu'au point de la température actuelle

de la terre, si rien n'eût compensé cette perte.

En faisant donc, sur la chaleur du soleil, le même raisonnement pour la lune que nous avons fait pour la terre, on verra qu'au bout de 14,323 ans la chaleur du soleil sur la lune n'étoit que comme sur la terre $\frac{1}{10}$ de la chaleur propre de cette planète, parce que sa distance au soleil et celle de la terre au même astre sont à très-peu près les mêmes : dès-lors sa chaleur, dans le tems de l'incandescence, ayant été vingt-cinq fois plus grande, il s'ensuit que tous les 533 ans cette première chaleur a diminué de $\frac{1}{25}$, en sorte qu'étant d'abord 25, elle n'étoit au bout de 14,323 ans que $\frac{25}{25}$ ou 1. Or, la compensation que faisoit la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de la lune, étant $\frac{1}{10}$ au bout de 14,323 ans, et $\frac{1}{1250}$ dans le tems de son incandescence, on aura, en ajoutant ces deux termes $\frac{26}{1250}$, lesquels multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{13}{50}$ pour la compensation totale pendant cette première période de 14,323 ans. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de la période est

au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{13}{10} :: 14{,}323 : 149$ ans environ. D'où l'on voit que le prolongement du tems pour le refroidissement de la lune, par la chaleur du soleil, a été de 149 ans pendant cette première période de 14,323 ans; ce qui fait en tout 14,472 ans pour le tems du refroidissement, y compris le prolongement qu'a produit la chaleur du soleil.

Mais on doit en effet prolonger encore le tems du refroidissement de cette planète, parce que l'on est assuré, même par les phénomènes actuels, que la terre lui envoie une grande quantité de lumière, et en même tems quelque chalour. Cette couleur terne qui se voit sur la surface de la lune, quand elle n'est pas éclairée du soleil, et à laquelle les astronomes ont donné le nom de *lumière cendrée*, n'est à la verité que la réflexion de la lumière solaire que la terre lui envoie; mais il faut que la quantité en soit bien considérable, pour qu'après une double réflexion elle soit encore sensible à nos yeux d'une distance aussi grande. En effet, cette lumière est près de seize fois plus grande que la quantité de lumière qui nous est envoyée par la pleine lune, puisque la surface de la terre est pour la lune près de seize fois

plus étendue que la surface de cette planète ne l'est pour nous.

Pour me donner une idée nette d'une lumière seize fois plus forte que celle de la lune, j'ai fait tomber dans un lieu obscur, au moyen des miroirs d'Archimède, trente-deux images de la pleine lune, réunies sur les mêmes objets; la lumière de ces trente-deux images étoit seize fois plus forte que la lumière simple de la lune; car nous avons démontré, par les expériences du sixième mémoire, que la lumière en général ne perd qu'environ moitié par la réflexion sur une surface bien polie. Or, cette lumière des trente-deux images de la lune m'a paru éclairer les objets autant et plus que celle du jour, lorsque le ciel est couvert de nuages: il n'y a donc point de nuit pour la face de la lune qui nous regarde, tant que le soleil éclaire la face de la terre qui la regarde elle-même.

Mais cette lumière n'est pas la seule émanation bénigne que la lune ait reçue et reçoive de la terre. Dans le commencement des tems, le globe terrestre étoit pour cette planète un second soleil plus ardent que le premier; comme sa distance à la terre n'est que de 85,000 lieues, et que la distance du

soleil est d'environ 33,000,000, la terre faisoit alors sur la lune un feu bien supérieur à celui du soleil; nous ferons aisément l'estimation de cet effet, en considérant que la terre présente à la lune une surface environ seize fois plus grande que le soleil, et par conséquent le globe terrestre, dans son état d'incandescence, étoit pour la lune un astre seize fois plus grand que le soleil (1).

---

(1) On peut encore présenter d'une autre manière, qui paroîtra peut-être plus claire; les raisonnemens et les calculs ci-dessus. On sait que le diamètre du soleil est à celui de la terre : : 107 : 1, leurs surfaces : : 11,449 : 1, et leurs volumes : : 1,225,043 : 1.

Le soleil, qui est à peu près éloigné de la terre et de la lune également, leur envoie à chacune une certaine quantité de chaleur, laquelle, comme celle de tous les corps chauds, est en raison de la surface et non pas du volume. Supposant donc que le soleil divisé en 1,225,043 petits globes, chacun gros comme la terre, la chaleur que chacun de ces petits globes enverroit à la lune, seroit à celle que le soleil lui envoie, comme la surface d'un de ces petits globes est à la surface du soleil, c'est-à-dire : : 1 : 11,449. Mais, en mettant ce petit globe de feu à la place de la terre, il est évident que la chaleur sera augementée dans la même raison que l'espace aura diminué. Or la distance du soleil et celle de la terre à la lune sont entre elles : : 7,200 : 17, dont les carrés sont

Or, nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de la lune, pendant 14,323 ans, a été de $\frac{13}{50}$, et le prolongement du refroidissement, de 149 ans; mais la chaleur envoyée par la terre en incandescence, étant seize fois plus grande que celle du soleil, la compensation qu'elle a faite alors étoit donc $\frac{16}{1250}$, parce que la lune étoit elle-même en incandescence, et que sa chaleur propre étoit 25 fois plus grande qu'elle n'étoit au bout des 14,323 ans; néanmoins la chaleur de notre globe ayant diminué de 25 à 20 $\frac{1}{7}$ environ depuis son incandescence jusqu'à ce même terme de

---

: : 51,840,000 : 289. Donc la chaleur que le petit globe de feu placé à quatre-vingt cinq mille lieues de distance de la lune lui enverroit, seroit à celle qu'il lui envoyoit auparavant : : 179,377 : 1. Mais nous avons vu que la surface de ce petit globe n'étoit à celle du soleil que : : 1 : 11,449; ainsi, la quantité de chaleur que sa surface enverroit vers la lune, est onze mille quatre cents quarante-neuf fois plus petite que celle du soleil. Divisant donc 179,377 par 11,449, il se trouve que cette chaleur envoyée par la terre en incandescence à la lune, étoit 15 $\frac{2}{3}$, c'est-à-dire, environ seize fois plus forte que celle du soleil.

14,323 ans, il s'ensuit que la chaleur envoyée par la terre à la lune dans ce tems, n'auroit fait compensation que de $\frac{12\frac{22}{25}}{1250}$, si la lune eût conservé son état d'incandescence; mais sa première chaleur ayant diminué pendant les 14,323 ans de 25, la compensation que faisoit alors la chaleur de la terre, au lieu de n'être que de $\frac{22\frac{22}{25}}{1250}$ a été de $\frac{12\frac{22}{25}}{1250}$ multipliés par 25, c'est-à-dire, de $\frac{322}{1250}$: en ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier tems de cette période de 14,323 ans; savoir, $\frac{16}{1250}$ et $\frac{322}{1250}$, on aura $\frac{338}{1250}$ pour la somme de ces deux termes de compensation, qui, étant multipliée par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donne $\frac{4225}{1250}$ ou $3\frac{19}{50}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur envoyée par la terre à la lune pendant les 14,323 ans; et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura $25 : 3\frac{19}{50} :: 14{,}323 : 1{,}937$ ans environ. Ainsi, la chaleur de la terre a prolongé de 1,957 ans le refroidissement de la lune pendant la première période de 14,323 ans, et la chaleur du soleil l'ayant

aussi prolongé de 149 ans, la période du tems réel qui s'est écoulé depuis l'incandescence jusqu'au refroidissement de la lune à la température actuelle de la terre, est de 16,409 ans environ.

Voyons maintenant combien la chaleur du soleil et celle de la terre ont compensé la perte de la chaleur propre de la lune dans la période suivante, c'est-à-dire, pendant les 14,323 ans qui se sont écoulés depuis la fin de la première période, où sa chaleur auroit été égale à la température actuelle de la terre, si rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre.

La compensation par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de la lune, étoit $\frac{1}{50}$ au commencement, et $\frac{24}{50}$ à la fin de cette seconde période. La somme de ces deux termes est $\frac{25}{50}$; qui, étant multipliée par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donne $\frac{325}{50}$ ou $6\frac{1}{2}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant la seconde période de 14,323 ans. Mais la lune ayant perdu, pendant ce tems, 25 de sa chaleur propre, et la perte de la chaleur propre étant à la compensation en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $6\frac{1}{2}$ ::

14,323 : 3,724 ans. Ainsi, le prolongement du tems pour le refroidissement de la lune, par la chaleur du soleil, ayant été de 149 ans dans la première période, a été de 3,728 ans pour la seconde période de 14,323 ans.

Et à l'égard de la compensation produite par la chaleur de la terre, pendant cette même seconde période de 14,323 ans, nous avons vu qu'au commencement de cette seconde période, la chaleur propre du globe terrestre étant de $20 \frac{1}{7}$, la compensation qu'elle a faite alors a été de $\frac{322 \frac{2}{7}}{1250}$. Or, la chaleur de la terre ayant diminué pendant cette seconde période de $20 \frac{1}{7}$ à $15 \frac{2}{7}$, la compensation n'eût été que de $\frac{244 \frac{13}{28}}{1250}$ environ, à la fin de cette période, si la lune eût conservé le dégré de chaleur qu'elle avoit au commencement de cette même période; mais comme sa chaleur propre a diminué de $\frac{25}{25}$ à $\frac{1}{25}$ pendant cette seconde période, la compensation produite par la chaleur de la terre, au lieu de n'être que $\frac{244 \frac{13}{28}}{1205}$, a été de $\frac{6111 \frac{17}{28}}{1250}$ à la fin de eette seconde période, c'est-à-dire, $\frac{322 \frac{2}{7}}{1250}$ et $\frac{6111 \frac{17}{28}}{1250}$, on aura $\frac{6435 \frac{5}{7}}{1250}$,

qui, étant multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{80423}{1250}$ ou 64 $\frac{1}{3}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur envoyée par la terre à la lune dans cette seconde période. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 64 $\frac{1}{3}$: : 14,323 : 38,057 ans environs. Ainsi, le prolongement du refroidissement de la lune, par la chaleur de la terre, qui a été de 1,937 ans pendant la premiere période, se trouve de 38,057 ans environ pour la seconde période de 14,323 ans.

A l'égard du moment où la chaleur envoyée par le soleil à la lune a été égale à sa chaleur propre, il ne s'est trouvé ni dans la première ni dans la seconde période de 14,323 ans, mais dans la troisième précisément, au second terme de cette troisième période, qui, multiplié par 572 $\frac{23}{25}$, donne 1,145 $\frac{21}{25}$, lesquels ajoutés aux 28,646 années des deux périodes, font 29,791 ans $\frac{21}{25}$. Ainsi, c'est dans l'année 29,792 de la formation des planètes que l'accession de la chaleur du soleil a commencé à égaler et

ensuite surpasser la déperdition de la chaleur propre de la lune.

Le refroidissement de cette planète a donc été prolongé pendant la premiere période, 1° de 149 ans par la chaleur du soleil; 2° de 1,937 ans par la chaleur de la terre; et, dans la seconde période, le refroidissement de la lune a été prolongé; 3° de 3,724 ans par la chaleur du soleil, et 4° de 38,057 ans par la chaleur de la terre. En ajoutant ces quatre termes, on aura 43,867 ans, qui, étant joints aux 28,646 ans des deux périodes, font en tout 72,513 ans. D'où l'on voit que ça été dans l'année 72,513, c'est-à-dire, il y a 2,318 ans que la lune a été refroidie au point de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle du globe de la terre.

La plus grande chaleur que nous ayons comparée à celle du soleil ou de la terre, est la chaleur du fer rouge; et nous avons trouvé que cette chaleur extrême n'est néanmoins que 25 fois plus grande que la chaleur actuelle du globe de la terre, en sorte que notre globe, lorsqu'il étoit en incandescence, ayant 25 de chaleur, n'en a plus que la vingt-cinquième partie, c'est-à-dire $\frac{25}{25}$ ou 1; et en supposant la première période de

74,047

74,047 ans, on doit conclure que, dans une seconde période semblable de 74,047 ans, cette chaleur ne sera plus que $\frac{1}{25}$ de ce qu'elle étoit à la fin de la première période, c'est-à-dire, il y a 785 ans. Nous regardons le terme $\frac{1}{25}$ comme celui de la plus petite chaleur, de la même façon que nous avons pris 25 comme celui de la plus forte chaleur dont un corps solide puisse être pénétré. Cependant ceci ne doit s'entendre que relativement à notre propre nature, et à celle des êtres organisés; car cette chaleur $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre, est encore double de celle qui nous vient du soleil; ce qui fait une chaleur considérable, et qui ne peut être regardée comme très-petite, que relativement à celle qui est nécessaire au maintien de la nature vivante; car il est démontré, même par ce que nous venons d'exposer, que si la chaleur actuelle de la terre étoit 25 fois plus petite qu'elle ne l'est, toutes les matières fluides du globe seroient gelées, et que ni l'eau, ni la sève, ni le sang ne pourroient circuler; et c'est par cette raison que j'ai regardé le terme $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe, comme le point de la plus petite chaleur, relativement à la nature organisée, puisque de la même

prolongé de 19,252 ans par la chaleur du soleil, pour la seconde période de 74,047 ans. Ajoutant ces deux termes aux 148,094 ans des deux périodes, on voit que ce ne sera que dans l'année 168,123 de la formation des planètes, c'est à-dire, dans 93,291 ans, que la terre sera refroidie au point de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle, tandis que la lune l'a été dans l'année 72,514, c'est-à-dire, il y a 2,318 ans, et l'auroit été bien plutôt, si elle ne tiroit, comme la terre, des secours de chaleur que du soleil, et si celle que lui a envoyée la terre n'avoit pas retardé son refroidissement beaucoup plus que celle du soleil.

Recherchons maintenant quelle a été la compensation qu'a faite la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre des cinq autres planètes.

Nous avons vu que mercure, dont le diamètre n'est que $\frac{1}{3}$ de celui du globe terrestre, se seroit refroidi au point de notre température actuelle en 50,551 ans, dans la supposition que la terre se fût refroidie à ce même point en 74,047 ans; mais, comme elle ne s'est réellement refroidie à ce point qu'en 74,832 ans, mercure n'a pu se refroidir de même qu'en 50,884 $\frac{1}{7}$ environ, et

cela en supposant encore que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre; mais sa distance au soleil étant à celle de la terre au même astre :: 4 : 10, il s'ensuit que la chaleur qu'il reçoit du soleil, en comparaison de celle que reçoit la terre, est : : 100 : 16, ou : : $6\frac{1}{4}$: 1. Dès-lors la compensation qu'a faite la chaleur du soleil lorsque cette planète étoit à la température actuelle de la terre, au lieu de n'être que $\frac{1}{10}$, étoit $\frac{6\frac{1}{4}}{50}$, et dans le tems de son incandescence, c'est-à-dire, 50,884 ans $\frac{1}{7}$ auparavant, cette compensation n'étoit que $\frac{6\frac{1}{4}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{6\frac{1}{4}}{50}$ et $\frac{6\frac{1}{4}}{1250}$ du premier et du dernier tems de cette période, on aura $\frac{162\frac{1}{2}}{1250}$, qui, étant multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{2031\frac{1}{4}}{1250}$ ou $1\frac{781\frac{1}{4}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 50,884 ans $\frac{1}{7}$. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de

la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 1 \frac{781\frac{1}{4}}{1250} :: 50,784 \frac{1}{7} :$ 3,307 ans $\frac{1}{2}$ environ. Ainsi, le tems dont la chaleur du soleil a prolongé le refroidissement de mercure, a été de 3,307 ans $\frac{1}{2}$ pour la première période de 50,884 ans $\frac{1}{7}$. D'où l'on voit que ç'a été dans l'année 54,192 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 20,640 ans, que mercure jouissoit de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Mais, dans la seconde période, la compensation étant au commencement $\frac{6\frac{1}{4}}{50}$, et à la fin $\frac{156\frac{1}{4}}{50}$, on aura, en ajoutant ces tems, $\frac{162\frac{1}{2}}{50}$, qui, étant multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{2031\frac{1}{4}}{50}$ ou $40\frac{5}{8}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil dans cette seconde période. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura $25 : 40\frac{5}{8} :: 50,884\frac{1}{7} : 82,688$ ans environ. Ainsi, le tems dont la chaleur du soleil a prolongé et prolongera celui du refroidisse-

ment de mercure, ayant été de 3,307 ans $\frac{1}{2}$ dans la première période, sera pour la seconde, de 82,688 ans.

Le moment où la chaleur du soleil s'est trouvée égale à la chaleur propre de cette planète, est au huitième terme de cette seconde période, qui, multiplié par 2,035 $\frac{2}{51}$ environ, nombre des années de chaque terme de cette période, donne 16,283 ans environ, lesquels étant ajoutés aux 50,884 ans $\frac{1}{7}$ de la période, on voit que ç'a été dans l'année 67,167 de la formation des planètes, que la chaleur du soleil a commencé de surpasser la chaleur propre de mercure.

Le refroidissement de cette planète a donc été prolongé de 3,307 ans $\frac{1}{2}$ pendant la première période de 50,884 ans $\frac{1}{2}$, et sera prolongé de même par la chaleur du soleil, de 82,688 ans pour la seconde période. Ajoutant ces deux nombres d'années à celui des deux périodes, on aura 187,765 ans environ. D'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 187,765 de la formation des planètes, que mercure sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la températarure actuelle de la terre.

Vénus, dont le diamètre est $\frac{17}{18}$ de celui de la terre, se seroit refroidie au point de notre température actuelle en 88,815 ans,

dans la supposition que la terre se fût refroidie à ce même point en 74,047 ans; mais comme elle ne s'est réellement refroidie à la température actuelle qu'en 74,832 ans, vénus n'a pu se refroidir de même qu'en 89,757 ans environ, en supposant encore que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre. Mais sa distance au soleil étant à celle de la terre au même astre, comme 7 sont à 10, il s'ensuit que la chaleur que vénus reçoit du soleil, en comparaison de celle que reçoit la terre, est : : 100 : 49. Dès-lors la compensation que fera la chaleur du soleil, lorsque cette planète sera à la température actuelle de la terre, au lieu de n'être que $\frac{1}{10}$, sera $\frac{2\frac{1}{10}}{50}$; et dans le tems de son incandescence, cette compensation n'a été que $\frac{2\frac{1}{10}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier tems de cette première période de 89,757 ans, on aura $\frac{52\frac{26}{10}}{1250}$, qui, étant multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{656\frac{1}{4}}{5250}$ pour la compensation totale qu'a faite et que fera la chaleur du soleil pendant cette première période de 89,757

ans. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{626\frac{1}{2}}{1250}$: : 89,757 : 1,885 ans $\frac{1}{2}$ environ. Ainsi, le prolongement du refroidissement de cette planète, par la chaleur du soleil, sera de 1,885 ans $\frac{1}{2}$ environ, pendant cette première période de 89,757 ans. D'où l'on voit que ce sera dans l'année 91,643 de la formation des planètes, c'est-à-dire, dans 16,811 ans, que cette planète jouira de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Dans la seconde période, la compensation étant au commencement $\frac{2\frac{1}{10}}{50}$, et à la fin $\frac{50\frac{1}{2}}{50}$, on aura, en ajoutant ces termes, $\frac{52\frac{13}{21}}{50}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{656\frac{1}{2}}{50}$ ou 13 $\frac{13}{100}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil, pendant cette seconde période. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 13 $\frac{13}{100}$: : 89,757 : 47,140 ans $\frac{9}{21}$ environ. Ainsi, le tems dont

la chaleur du soleil a prolongé le refroidissement de vénus, étant, pour la première période, de 1,885 ans $\frac{1}{2}$, sera pour la seconde, de 47,140 ans $\frac{9}{25}$ environ.

Le moment où la chaleur du soleil sera égale à la chaleur propre de cette planète, se trouve au 24 $\frac{76}{101}$, terme de l'écoulement du tems de cette seconde période, qui, multiplié par 3,590 $\frac{7}{25}$ environ, nombre des années de chaque terme de ces périodes de 89,757 ans, donne 86,167 ans $\frac{7}{25}$ environ, lesquels étant ajoutés aux 89,757 ans de la période, on voit que ce ne sera que dans l'année 175,924 de la formation des planètes, que la chaleur du soleil sera égale à la chaleur propre de vénus.

Le refroidissement de cette planète sera donc prolongé de 1,885 ans $\frac{1}{2}$, pendant la première période de 89,757 ans, et sera prolongé de même de 47,140 ans $\frac{9}{25}$ dans la seconde période; en ajoutant ces deux nombres d'années à celui des deux périodes, qui est de 179,514 ans, on voit que ce ne sera que dans l'année 228,540 de la formation des planètes, que vénus sera refroidie à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Mars, dont le diamètre est $\frac{13}{25}$ de celui de la terre, se seroit refroidi au point de notre

température actuelle en 28,108 ans, dans la supposition que la terre se fût refroidie à ce même point en 74,047 ans ; mais, comme elle ne s'est réellement refroidie à ce point qu'en 74,832 ans, mars n'a pu se refroidir qu'en 28,406 ans environ, en supposant encore que rien n'eût compensé la perte de sa chaleur propre. Mais sa distance au soleil étant à celle de la terre au même astre : : 15 : 10, il s'ensuit que la chaleur qu'il reçoit du soleil, en comparaison de celle que reçoit la terre, est : : 100 : 225, ou : : 4 : 9. Dès-lors la compensation qu'a faite la chaleur du soleil lorsque cette planète étoit à la température actuelle de la terre, au lieu d'être $\frac{1}{50}$, n'étoit que $\frac{\frac{4}{9}}{50}$; et dans le tems de l'incandescence, cette compensation n'étoit que $\frac{\frac{4}{9}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier tems de cette première période de 28,406 ans, on aura $\frac{\frac{104}{9}}{1250}$, qui, étant multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{9}}{1250}$ ou

$\frac{144\frac{4}{9}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{144\frac{4}{9}}{1250}$: : 28,406 : 131 ans $\frac{3}{10}$ environ. Ainsi, le tems dont la chaleur du soleil a prolongé le refroidissement de mars, a été d'environ 131 ans $\frac{3}{10}$ pour la première période de 28,406 ans. D'où l'on voit que ç'a été dans l'année 18,538 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 46,294 ans, que mars étoit à la température actuelle de la terre.

Mais, dans la seconde période, la compensation étant au commencement $\frac{\frac{4}{9}}{50}$, et à la fin $\frac{\frac{100}{9}}{50}$, on aura, en ajoutant ces termes, $\frac{\frac{104}{9}}{50}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{9}}{50}$ ou $\frac{144\frac{4}{9}}{50}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant cette seconde

période. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{144\frac{4}{9}}{50}$: : 28,406 : 3,382 ans $\frac{59}{125}$ environ. Ainsi, le tems dont la chaleur du soleil a prolongé le refroidissement de mars, dans la première période, ayant été de 131 ans $\frac{3}{10}$, sera, dans la seconde, de 3,382 ans $\frac{19}{125}$.

Le moment où la chaleur du soleil s'est trouvée égale à la chaleur propre de cette planète, est au $12\frac{1}{2}$, terme de l'écoulement du tems dans cette seconde période, qui, multiplié par $1,136\frac{6}{25}$, nombre des années de chaque terme de ces périodes, donne 14,203 ans, lesquels étant ajoutés aux 28,406 ans de la première période, on voit que ç'a été dans l'année 42,609 de la formation des planètes, que la chaleur du soleil a été égale à la chaleur propre de cette planète, et que, depuis ce tems, elle l'a toujours surpassée.

Le refroidissement de mars a donc été prolongé, par la chaleur du soleil, de 131 ans $\frac{3}{10}$ pendant la première période, et l'a été, dans la seconde période, de 3,382 ans $\frac{19}{125}$. Ajoutant ces deux termes à la somme des deux périodes, on aura 60,325 ans $\frac{19}{190}$ envi-

ron. D'où l'on voit que ç'a été dans l'année 60,326 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 14,506 ans, que mars a été refroidi à $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre.

Jupiter, dont le diamètre est onze fois plus grand que celui de la terre, et sa distance au soleil : : 52 : 10, ne se refroidira au point de la terre qu'en 237,838 ans, abstraction faite de toute compensation que la chaleur du soleil et celle de ses satellites ont pu et pourront faire à la perte de sa chaleur propre, et sur-tout en supposant que la terre se fût refroidie au point de la température actuelle en 74,047 ans : mais, comme elle ne s'est réellement refroidie à ce point qu'en 74,832 ans, jupiter ne pourra se refroidir, au même point, qu'en 240,358 ans. Et en ne considérant d'abord que la compensation faite par la chaleur du soleil sur cette grosse planète, nous verrons que la chaleur qu'elle reçoit du soleil, est à celle qu'en reçoit la terre : : 100 : 2,704 ou : : 25, 676. Dès-lors la compensation que fera la chaleur du soleil lorsque jupiter sera refroidi à la température actuelle de la terre, au lieu d'être $\frac{1}{50}$, ne sera que $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, et dans le

tems de l'incandescence cette compensation n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$. Ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier tems de cette première période de 240,358 ans, on a $\frac{\frac{650}{676}}{1250}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{8123}{676}}{1250}$ ou $\frac{12\frac{11}{676}}{1250}$ pour la compensation totale que fera la chaleur du soleil pendant cette première période de 240,358 ans. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{12\frac{11}{676}}{1250}$: : 240,348 : 93 ans environ. Ainsi, le tems, dont la chaleur du soleil prolongera le refroidissement de jupiter, ne sera que de 93 ans pour la première période de 240,358 ans. D'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 240,451 de la formation des planètes, c'est-à-dire, dans 165,619 ans, que le globe de jupiter sera refroidi au point de la température actuelle du globe de la terre.

Dans la seconde période, la compensation étant au commencement $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, sera à la fin $\frac{\frac{625}{676}}{50}$: en ajoutant ces deux termes, on aura $\frac{\frac{650}{676}}{50}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{8125}{676}}{50}$ ou $\frac{12\frac{11}{676}}{50}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant cette seconde période. Et comme la perte de la chaleur propre est à la compensation, en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{12\frac{11}{676}}{50}$: : 240,358 : 2,311 ans environ. Ainsi, le tems dont la chaleur du soleil prolongera le refroidissement de jupiter, n'étant que de 93 ans dans la première période, sera de 2,311 ans pour la seconde période de 240,358 ans.

Le moment où la chaleur du soleil se trouvera égale à la chaleur propre de cette planète, est si éloigné, qu'il n'arrivera pas dans cette seconde période, ni même dans

la

la troisième, quoiqu'elles soient chacune de 240,358 ans ; en sorte qu'au bout de 721,074 ans, la chaleur propre de jupiter sera encore plus grande que celle qu'il reçoit du soleil.

Car, dans la troisième période, la compensation étant au commencement $\frac{\frac{625}{676}}{50}$, elle sera à la fin de cette même troisième période $\frac{25\frac{77}{676}}{50}$, ce qui démontre qu'à la fin de cette troisième période où la chaleur de jupiter ne sera que $\frac{1}{625}$ de la chaleur actuelle de la terre, elle sera néanmoins de près de moitié plus forte que celle du soleil ; en sorte que ce ne sera que dans la quatrième période où le moment entre l'égalité de la chaleur du soleil et celle de la chaleur propre de jupiter se trouvera au $2\frac{102}{625}$ terme de l'écoulement du tems dans cette quatrième période, qui, multiplié par $9{,}614\frac{8}{25}$, nombre des années de chaque terme de ces périodes de 240,358 ans, donne 19,228 ans $\frac{4}{5}$ environ, lesquels ajoutés aux 721,074 ans des trois périodes précédentes, font en tout 740,302 ans $\frac{4}{5}$; d'où l'on voit que ce ne sera que dans ce tems prodigieusement éloigné, que la

chaleur du soleil sur jupiter se trouvera égale à sa chaleur propre.

Le refroidissement de cette grosse planète sera donc prolongé, par la chaleur du soleil, de 93 ans pour la première période, et de 2,311 ans pour la seconde. Ajoutant ces deux nombres d'années aux 480,716 des deux premières périodes, on aura 483,120 ans ; d'où il résulte que ce ne sera que dans l'année 483,121 de la formation des planètes, que jupiter pourra être refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Saturne, dont le diamètre est à celui du globe terrestre : : 9 $\frac{1}{2}$: 1, et dont la distance du soleil est à celle de la terre au même astre aussi : : 9 $\frac{1}{2}$: 1, perdroit de sa chaleur propre, au point de la température actuelle de la terre, en 129,434 ans, dans la supposition que la terre se fût refroidie à ce même point en 74,047 ans. Mais, comme elle ne s'est réellement refroidie à la température actuelle qu'en 74,832 ans, saturne ne se refroidira qu'en 130,806 ans, en supposant encore que rien ne compenseroit la perte de sa chaleur propre : mais la chaleur du soleil, quoique très-foible à cause de son grand éloignement, la chaleur de ses satellites, celle de son anneau, et même celle de

jupiter, duquel il n'est qu'à une distance médiocre, en comparaison de son éloignement du soleil, ont dû faire quelque compensation à la perte de sa chaleur propre, et par conséquent prolonger un peu le tems de son refroidissement.

Nous ne considérerons d'abord que la compensation qu'a dû faire la chaleur du soleil : cette chaleur que reçoit saturne est à celle que reçoit la terre : : 100 : 9,025, ou : : 4 : 561. Dès-lors la compensation que fera la chaleur du soleil, lorsque cette planète sera refroidie à la température actuelle de la terre, au lieu d'être $\frac{1}{10}$, ne sera que $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, et dans le tems de l'incandescence, cette compensation n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$; ajoutant ces deux termes, on aura $\frac{\frac{104}{561}}{1250}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$, ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale que fera la chaleur du soleil dans les 130,806 ans de la première période. Et comme la perte de la chaleur propre est

à la compensation, en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{3\frac{217}{361}}{1250} :: 130{,}806$: 15 ans environ. Ainsi, la chaleur du soleil ne prolongera le refroidissement de saturne que de 15 ans pendant cette première période de 130,806 ans; d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 130,821 de la formation des planètes, c'est-à-dire, dans 55,989 ans, que cette planète pourra être refroidie au point de la température actuelle de la terre.

Dans la seconde période, la compensation par la chaleur envoyée du soleil, étant au commencement $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, sera à la fin de cette même période $\frac{\frac{100}{361}}{50}$. Ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier tems par la chaleur du soleil dans cette seconde période, on aura $\frac{\frac{104}{361}}{50}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{50}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{50}$ pour la compensation totale que fera la chaleur

du soleil pendant cette seconde période. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{3\frac{217}{361}}{50}$ :: 130,806 : 377 ans environ. Ainsi, le tems dont la chaleur du soleil prolongera le refroidissement de saturne, étant de 15 ans pour la première période, sera de 377 ans pour la seconde. Ajoutant ensemble les 15 ans et les 377 ans, dont la chaleur du soleil prolongera le refroidissement de saturne pendant les deux périodes de 130,806 ans, on verra que ce ne sera que dans l'année 262,020 de la formation des planètes, c'est-à-dire, dans 187,188 ans, que cette planète pourra être refroidie à $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre.

Dans la troisième période, le premier terme de la compensation, par la chaleur du soleil étant $\frac{\frac{100}{361}}{50}$ au commencement, et à la fin $\frac{\frac{2500}{361}}{50}$ ou $\frac{6\frac{334}{361}}{50}$, on voit que ce ne sera pas encore dans cette troisième période qu'arrivera le moment où la chaleur du

soleil sera égale à la chaleur propre de cette planète, quoiqu'à la fin de cette troisième période elle aura perdu de sa chaleur propre, au point d'être refroidie à $\frac{1}{625}$ de la température actuelle de la terre. Mais ce moment se trouvera au septième terme $\frac{11}{50}$ de la quatrième période, qui, multiplié par 5,232 ans $\frac{6}{25}$, nombre des années de chaque terme de ces périodes de 130,806 ans, donne 37,776 ans $\frac{19}{25}$, lesquels étant ajoutés aux trois premières périodes, dont la somme est 392,418 ans, font 430,194 ans $\frac{19}{25}$. D'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 430,195 de la formation des planètes, que la chaleur du soleil se trouvera égale à la chaleur propre de saturne.

Les périodes des tems du refroidissement de la terre et des planètes sont donc dans l'ordre suivant :

REFROIDIES A LA TEMPÉRATURE ACTUELLE.			Refroidies à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle.
LA TERRE....	en	74832 ans.	En 168123 ans.
LA LUNE....	en	16409 ans.	En 72513 ans.
MERCURE...	en	54192 ans.	En 187765 ans.
VÉNUS........	en	91643 ans.	En 228540 ans.
MARS........	en	28538 ans.	En 60326 ans.
JUPITER....	en	240451 ans.	En 483121 ans.
SATURNE...	en	130821 ans.	En 262020 ans.

On voit, en jetant un coup d'œil sur ces rapports, que, dans notre hypothèse, la lune et mars sont actuellement les planètes les plus froides; que saturne, et sur-tout jupiter, sont les plus chaudes; que vénus est encore bien plus chaude que la terre; et que mercure, qui a commencé depuis long-tems à jouir d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre, est encore actuellement, et sera pour long-tems au dégré de chaleur qui est nécessaire pour le maintien de la nature vivante, tandis que la lune et mars sont gelés depuis long-tems, et par conséquent impropres, depuis ce même tems, à l'existence des êtres organisés.

Je ne peux quitter ces grands objets sans rechercher encore ce qui s'est passé et se passera dans les satellites de jupiter et de saturne, relativement au tems du refroidissement de chacun en particulier. Les astronomes ne sont pas absolument d'accord sur la grandeur relative de ces satellites; et pour ne parler d'abord que de ceux de jupiter, Wisthon a prétendu que le troisième de ses satellites étoit le plus grand de tous, et il l'a estimé de la même grosseur à peu près que le globe terrestre; ensuite il dit que le premier est un peu plus gros que mars, le second

un peu plus grand que mercure, et que le quatrième n'est guère plus grand que la lune. Mais notre plus illustre astronome (Dominique Cassini) a jugé, au contraire, que le quatrième satellite étoit le plus grand de tous (1). Plusieurs causes concourent à cette incertitude sur la grandeur des satellites de Jupiter et de saturne; j'en indiquerai quelques-unes dans la suite, mais je me dispenserai d'en faire ici l'énumération et la discussion, ce qui m'éloigneroit trop de mon sujet; je me contenterai de dire qu'il me paroît plus que probable que les satellites les plus éloignés de leur planète principale sont réellement les plus grands, de la même manière que les planètes les plus éloignées du soleil sont aussi les plus grosses. Or, les distances des quatre satellites de Jupiter, à commencer par le plus voisin, qu'on appelle le premier; sont à très-peu près comme $5\frac{2}{3}$, 9, $14\frac{1}{3}$, $25\frac{1}{4}$, et leur grandeur n'étant pas encore bien déterminée, nous supposerons, d'après l'analogie dont nous venons de parler, que le plus voisin ou le premier n'est que de la grandeur de la lune,

(1) Voyez l'Astronomie de M. de la Lande art. 2,381.

le second de celle de mercure, le troisième de la grandeur de mars, et le quatrième de celle du globe de la terre; et nous allons rechercher combien le bénéfice de la chaleur de jupiter a compensé la perte de leur chaleur propre.

Pour cela, nous regarderons comme égale la chaleur envoyée par le soleil à jupiter et à ses satellites, parce qu'en effet leurs distances à cet astre de feu sont à très-peu près les mêmes. Nous supposerons aussi, comme chose très-plausible, que la densité des satellites de jupiter est égale à celle de jupiter même (1).

Cela posé, nous verrons que le premier satellite, grand comme la lune, c'est-à-dire, qui n'a que $\frac{3}{11}$ du diamètre de la terre, se seroit consolidé jusqu'au centre en 792 ans $\frac{3}{11}$, refroidi au point de pouvoir le toucher, en 9,248 ans $\frac{1}{11}$, et au point de la température actuelle de la terre, en 20,194 ans $\frac{7}{11}$, si la

(1) Quand même on se refuseroit à cette supposition de l'égalité de densité dans jupiter et dans ses satellites, cela ne changeroit rien à ma théorie, et les résultats du calcul seroient seulement un peu différens, mais le calcul lui-même ne seroit pas plus difficile à faire.

Mais la chaleur de jupiter, qui étoit 25 dans le tems de l'incandescence, n'avoit diminué, au bout de la période de 5,897 ans, que de $\frac{14}{23}$ environ, et elle étoit encore alors 24 $\frac{9}{23}$; et comme ce satellite n'est éloigné de sa planète principale que de 5 $\frac{2}{3}$ demi-diamètres de jupiter, ou de 62 $\frac{1}{2}$ demi-diamètres terrestres, c'est-à-dire, de 89,292 lieues, tandis que sa distance au soleil est de 171 millions 600 mille lieues; la chaleur envoyée par jupiter à son premier satellite, auroit été à la chaleur envoyée par le soleil à ce même satellite, comme le carré de 171,600,000 est au carré de 89,292, si la surface que jupiter présente à ce satellite, étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la surface de jupiter, qui n'est dans le réel que $\frac{121}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à ce satellite plus grande que ne lui paroît celle de cet astre dans le rapport inverse du carré des distances : on aura donc $(89,292)^2 : (171,600\ ,\!co^2 :: \frac{121}{11449} : 39,032\ \frac{1}{2}$ environ. Donc la surface que présente jupiter à ce satellite étant 39,032 fois $\frac{1}{2}$ plus grande que celle que lui présente le soleil, cette grosse planète, dans le tems de l'incandescence, étoit pour son premier satellite un astre de feu 39,032

fois $\frac{1}{2}$ plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite, n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, lorsqu'au bout de 5,897 ans il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre par la déperdition de sa chaleur propre ; et que, dans le tems de l'incandescence, cette compensation par la chaleur du soleil n'a été que de $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$; il faut donc multiplier ces deux termes de compensation par $39{,}032\frac{1}{2}$, et l'on aura $\frac{1443\frac{1}{2}}{1250}$ pour la compensation qu'a faite la chaleur de jupiter dès le commencement de cette période dans le tems de l'incandescence, et $\frac{1443\frac{1}{2}}{50}$ pour la compensation que jupiter auroit faite à la fin de cette même période de 5,897 ans, s'il eût conservé son état d'incandescence. Mais, comme sa chaleur propre a diminué de 25 à $24\frac{9}{23}$ pendant cette même période, la compensation à la fin de la période, au lieu d'être $\frac{1443\frac{1}{2}}{50}$, n'a été que $\frac{1408\frac{203}{578}}{50}$. Ajoutant

ces deux termes $\frac{1408\frac{203}{561}}{50}$ et $\frac{1443\frac{1}{2}}{1250}$ de la compensation dans le premier et le dernier tems de la période, on a $\frac{36652\frac{3}{19}}{1250}$, lesquels, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{458153\frac{3}{4}}{1250}$ ou 366 $\frac{1}{2}$ environ, pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de jupiter à la perte de la chaleur propre de son premier satellite pendant cette première période de 5,897 ans. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 366 $\frac{1}{2}$: : 5,897 : 86,450 ans $\frac{1}{10}$. Ainsi, le tems, dont la chaleur envoyée par jupiter à son premier satellite a prolongé son refroidissement pendant cette première période, est de 86,450 ans $\frac{1}{10}$; et le tems, dont la chaleur du soleil a aussi prolongé le refroidissement de ce satellite pendant cette même période de 5,897 ans, n'ayant été que de deux ans 97 jours, il se trouve que le tems du refroidissement de ce satellite a été prolongé d'environ 86,452 ans $\frac{1}{2}$ au delà des 5,897 ans de la période. D'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 92,350 de la for-

mation des planètes, c'est-à-dire, dans 17,518 ans, que le premier satellite de jupiter pourra être refroidi au point de la température actuelle de la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par jupiter à ce satellite étoit égale à sa chaleur propre, s'est trouvé dans le tems de l'incandescence, et même auparavant, si la chose eût été possible; car cette masse énorme de feu, qui étoit 39,032 fois $\frac{1}{2}$ plus grande que le soleil pour ce satellite, lui envoyoit, dès le tems de l'incandescence de tous deux, une chaleur plus forte que la sienne propre, puisqu'elle étoit 1,443 $\frac{1}{2}$, tandis que celle du satellite n'étoit que 1,250; ainsi ça été de tout tems que la chaleur de jupiter, sur son premier satellite, a surpassé la perte de sa chaleur propre.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite ayant toujours été fort au dessous de la chaleur envoyée par jupiter, on doit évaluer autrement la température du satellite; en sorte que l'estimation que nous venons de faire du prolongement du refroidissement, et que nous avons trouvé être de 87,452 ans $\frac{1}{2}$, doit être encore augmentée de beaucoup; car, dès le tems de l'incandescence, la chaleur extérieure envoyée par

jupiter, étoit plus grande que la chaleur propre du satellite, dans la raison de 1,443 $\frac{1}{2}$ à 1,250; et à la fin de la première période de 5,897 ans, cette chaleur envoyée par jupiter étoit plus grande que la chaleur propre du satellite, dans la raison de 1,408 à 50, ou de 140 à 5 à peu près. Et de même à la fin de la seconde période, la chaleur envoyée par jupiter étoit à la chaleur propre du satellite : : 3,433 : 5; ainsi, la chaleur propre du satellite, dès la fin de la première période, peut être regardée comme si petite, en comparaison de la chaleur envoyée par jupiter, qu'on doit tirer le tems du refroidissement de ce satellite, presque uniquement de celui du refroidissement de jupiter.

Or, jupiter ayant envoyé à ce satellite, dans le tems de l'incandescence, 39,032 fois $\frac{1}{2}$ plus de chaleur que le soleil, lui envoyoit encore, au bout de la première période de 5,897 ans, une chaleur 38,082 fois $\frac{3}{25}$ plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de jupiter n'avoit diminué que de 25 à 24 $\frac{9}{25}$; et au bout d'une seconde période de 5,897 ans, c'est-à-dire, après la déperdition de la chaleur propre du satellite, au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de

de la terre, jupiter envoyoit encore à ce satellite une chaleur 37,131 fois $\frac{3}{4}$ plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de jupiter n'avoit encore diminué que de 24 $\frac{9}{23}$ à 23 $\frac{18}{23}$; ensuite, après une troisième période de 5,897 ans, où la chaleur propre du satellite doit être regardée comme absolument nulle, jupiter lui envoyoit une chaleur 36,182 fois plus grande que celle du soleil.

En suivant la même marche, on trouvera que la chaleur de jupiter, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $\frac{14}{23}$ par chaque période de 5,897 ans, diminue par conséquent sur ce satellite, de 950 pendant chacune de ces périodes; de sorte qu'après 37 $\frac{2}{3}$ périodes, cette chaleur envoyée par jupiter au satellite, sera à très-peu près encore, 1,350 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais, comme la chaleur du soleil sur jupiter et sur ses satellites, est à peu près à celle du soleil sur la terre : : 1 : 27, et que la chaleur du globe terrestre est 50 fois plus grande que celle qu'il reçoit actuellement du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 27 cette quantité, 1,350 de chaleur ci-dessus,

pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et cette dernière chaleur étant de $\frac{1}{10}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il en résulte qu'au bout de $37\frac{2}{3}$ périodes de 5,897 ans chacune, c'est-à-dire, au bout de 222,120 ans $\frac{1}{3}$, la chaleur que jupiter enverra à ce satellite sera égale à la chaleur actuelle de la terre; et que, quoiqu'il ne lui restera rien alors de sa chaleur propre, il jouira néanmoins d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre, dans cette année 222,120 $\frac{1}{3}$ de la formation des planètes.

Et de la même manière que cette chaleur envoyée par jupiter prolongera prodigieusement le refroidissement de ce satellite à la température actuelle de la terre; elle le prolongera de même pendant trente-sept autres périodes $\frac{2}{3}$, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 444,240 de la formation des planètes, que ce satellite sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température du satellite dans les différens

tems. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation dans le tems de l'incandescence que de $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période, qui est de 5,897 ans, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil, auroit en effet été de 2 ans $\frac{4}{11}$; mais la chaleur envoyée par jupiter, dès le tems de l'incandescence, étant à la chaleur propre du satellite : : 1,443 $\frac{1}{2}$: 1,250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{2793\,[illegible]}$ au commencement de cette période, et que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans

la raison de 1,408 à 50, parce que la chaleur envoyée par jupiter étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1458}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{2793\frac{1}{2}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{1458}$ du premier et du dernier tems de cette première période, on a $\frac{\frac{106085}{676}}{4038400}$ ou $\frac{156\frac{630}{676}}{4038400}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{1960\frac{432}{676}}{4038400}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période. Et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{1961\frac{2}{3}}{4038400} :: 5,897 : \frac{115479\frac{1}{2}}{100960000}$ ou $:: 5,897$ ans : 41 jours $\frac{7}{10}$. Ainsi, le prolongement du refroidissement, par la chaleur du soleil, au lieu d'avoir été de 2 ans 97 jours, n'a réellement été que de 41 jours $\frac{7}{10}$.

On trouveroit de la même manière les tems du prolongement du refroidissement, par la chaleur du soleil, pendant la seconde période, et pendant les périodes suivantes; mais il est plus facile et plus court de l'évaluer en totalité de la manière suivante :

La compensation par la chaleur du soleil, dans le tems de l'incandescence, ayant été, comme nous venons de le dire, $\frac{\frac{25}{676}}{2793\frac{1}{2}}$, sera à la fin de $37\frac{2}{3}$ périodes $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces $37\frac{2}{3}$ périodes que la température du satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{2793\frac{1}{2}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ du premier et du dernier tems de ces $37\frac{2}{3}$ périodes, on a $\frac{\frac{71027}{676}}{139675}$ ou $\frac{105\frac{247}{676}}{139675}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{1313\frac{241}{676}}{139675}$ ou $\frac{13}{1396}$ environ pour

la compensation totale, par la chaleur du soleil, pendant les 37 $\frac{2}{3}$ périodes de 5,897 ans chacune. Et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems total est au prolongement du refroidissement, on aura

$$25 : \frac{13}{1396} :: 222,120 \tfrac{1}{3} : 82 \text{ ans } \tfrac{37}{10} \text{ environ.}$$

Ainsi, le prolongement total que fera la chaleur du soleil, ne sera que de 82 ans $\frac{37}{10}$ qu'il faut ajouter aux 222,120 ans $\frac{1}{3}$. D'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 222,203 de la formation des planètes, que ce satellite jouira de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double du tems, c'est-à-dire, que ce ne sera que dans l'année 444,406 de la formation des planètes, qu'il pourra être refroidi à $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre.

Faisant le même calcul pour le second satellite, que nous avons supposé grand comme mercure, nous verrons qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 1,342 ans, perdre de sa chaleur propre en 11,503 ans $\frac{1}{3}$ au point de pouvoir le toucher, et se refroidir par la même déperdition de sa chaleur propre, au point de la température

actuelle de la terre, en 24,682 ans $\frac{1}{3}$, si sa densité étoit égale à celle de la terre ; mais comme la densité du globe terrestre est à celle de jupiter ou de ses satellites : : 1,000 : 292, il s'ensuit que ce second satellite, dont le diamètre est $\frac{1}{3}$ de celui de la terre, se seroit réellement consolidé jusqu'au centre en 282 ans environ, refroidi au point de pouvoir le toucher en 3,300 ans $\frac{17}{21}$, et à la température actuelle de la terre en 7,283 ans $\frac{16}{21}$, si la perte de sa chaleur propre n'eût pas été compensée par la chaleur que le soleil, et plus encore par celle que jupiter ont envoyées à ce satellite. Or, l'action de la chaleur du soleil sur ce satellite étant en raison inverse du carré des distances, la compensation que cette chaleur du soleil a faite à la perte de la chaleur propre du satellite, étoit dans le tems de l'incandescence $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période de 7,283 ans $\frac{16}{21}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ de la compensation dans le premier et le dernier tems de cette période, on a $\frac{\frac{650}{676}}{1250}$, qui, mul-

tipliés par 12 $\frac{1}{2}$ moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{8125}{676}}{1250}$ ou $\frac{12\frac{13}{676}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 7,283 ans $\frac{16}{21}$. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{12\frac{13}{676}}{25}$ :: 7,283 ans $\frac{16}{21}$: 2 ans 252 jours. Ainsi, le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, pendant cette première période, n'a été que de 2 ans 252 jours.

Mais la chaleur de jupiter, qui, dans le tems de l'incandescence, étoit 25, avoit diminué au bout de 7,283 ans $\frac{16}{21}$, de $\frac{19}{23}$ environ, et elle étoit encore alors 24 $\frac{4}{23}$. Et comme ce satellite n'est éloigné de jupiter que de 9 demi-diamètre de jupiter, ou 99 demi-diamètres terrestres, c'est-à-dire, de 141,817 lieues $\frac{1}{2}$, et qu'il est éloigné du soleil de 171 millions 600 mille lieues, il en résulte que la chaleur envoyée par jupiter à ce satellite, auroit été :: $(171{,}600{,}000)^2 : 141{,}817\frac{1}{2})^2$ si la surface que présente jupiter à ce satel-

lite étoit égale à la surface que lui présente le soleil ; mais la surface de jupiter qui, dans le réel, n'est que $\frac{121}{11449}$ de celle du soleil ; paroît néanmoins plus grande à ce satellite dans la raison inverse du carré des distances ; on aura donc $(141,817\frac{1}{2})^2 : (171,600,000)^2 :: \frac{121}{11449} : 15,473\frac{2}{3}$ environ. Donc la surface que jupiter présente à ce satellite est 15,473 fois $\frac{2}{3}$ plus grande que celle que lui présente le soleil. Ainsi jupiter, dans le tems de l'incandescence, étoit pour ce satellite un astre de feu 15,473 fois $\frac{2}{3}$ plus étendu que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soléil à la perte de la chaleur propre de ce satellite, n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, lorsqu'au bout de 7,283 ans $\frac{16}{21}$, il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre, et que dans le tems de l'incandescence, cette compensation, par la chaleur du soleil, n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$; on aura donc 15,473 $\frac{2}{3}$, multipliés par $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ ou $\frac{572\frac{170}{676}}{1250}$ pour la compensation qu'a faite la chaleur de jupiter sur ce satellite dans le commence-

ment de cette première période, et $\frac{572\frac{170}{676}}{50}$ pour la compensation qu'elle auroit faite à la fin de cette même période de 7,283 ans $\frac{16}{25}$, si jupiter eût conservé son état d'incandescence. Mais comme sa chaleur propre a diminué pendant cette période de 25 à 24 $\frac{4}{25}$, la compensation à la fin de la période, au lieu d'être $\frac{572\frac{170}{678}}{1250}$, n'a été que de $\frac{553\frac{1}{3}}{50}$ environ.

Ajoutant ces deux termes $\frac{553\frac{1}{3}}{50}$ et $\frac{572\frac{170}{626}}{1250}$ de la compensation dans le premier et dans le dernier tems de cette première période, on a $\frac{14405\frac{1}{2}}{1250}$ environ, lesquels, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{180068\frac{3}{4}}{1250}$ ou $144\frac{7}{25}$ environ, pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de jupiter pendant cette première période de 7,283 ans $\frac{16}{25}$. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 144\frac{7}{25} :: 7{,}283\frac{16}{25} : 42{,}044\frac{18}{125}$. Ainsi, le tems dont la chaleur de jupiter a prolongé le refroidissement de ce satellite, a été de 42,044 ans 52 jours, tandis que la

chaleur du soleil ne l'a prolongé que de 2 ans 252 jours; d'où l'on voit, en ajoutant ces deux tems à celui de la période de 7,283 ans 233 jours, que ç'a été dans l'année 49,331 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 25,501 ans, que ce second satellite de jupiter a pu être refroidi au point de la température actuelle de la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par jupiter a été égale à la chaleur propre de ce satellite, s'est trouvé au $2\frac{4}{21}$, terme environ de l'écoulement du tems de cette première période de 7,283 ans 233 jours, qui, multipliés par 291 ans 126 jours, nombre des années de chaque terme de cette période, donnent 638 ans 67 jours. Ainsi, ç'a été dès l'année 639 de la formation des planètes, que la chaleur envoyée par jupiter à son second satellite s'est trouvée égale à sa chaleur propre.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a toujours été au dessous de celle que lui envoyoit jupiter dès l'année 639 de la formation des planètes; on doit donc évaluer, comme nous l'avons fait pour le premier satellite, la température dont il a joui, et dont il jouira par la suite.

Or jupiter, ayant d'abord envoyé à ce

satellite, dans le tems de l'incandescence, une chaleur 15,473 fois $\frac{2}{3}$ plus grande que celle du soleil, lui envoyoit encore à la fin de la première période de 7,283 ans $\frac{16}{25}$, une chaleur 14,960 fois $\frac{31}{50}$ plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de jupiter n'avoit encore diminué que de 25 à 24 $\frac{4}{23}$. Et au bout d'une seconde période de 7,283 ans $\frac{16}{25}$, c'est-à-dire, après la déperdition de la chaleur propre du satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur de la terre, jupiter envoyoit encore à ce satellite une chaleur 14,447 fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de jupiter n'avoit encore diminué que de 24 $\frac{4}{23}$ à 23 $\frac{8}{23}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de jupiter, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $\frac{19}{23}$ par chaque période de 7,283 ans $\frac{16}{25}$, diminue par conséquent sur ce satellite de 513 à peu près pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après 26 $\frac{1}{2}$ périodes environ, cette chaleur envoyée par jupiter au satellite, sera à très-peu près encore 1,350 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais, comme la chaleur du soleil sur jupiter et sur ses satellites est à celle du

soleil sur la terre à peu près : : 1 : 27, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit actuellement du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 27 cette quantité de 1,350 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{10}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il en résulte qu'au bout de 26 $\frac{1}{2}$ périodes de 7,283 ans $\frac{16}{21}$ chacune, c'est-à-dire, au bout de 193,016 ans $\frac{11}{21}$, la chaleur que jupiter enverra à ce satellite, sera égale à la chaleur actuelle de la terre, et que, n'ayant plus de chaleur propre, il jouira néanmoins d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre dans l'année 193,017 de la formation des planètes.

Et de même que cette chaleur envoyée par jupiter prolongera de beaucoup le refroidissement de ce satellite au point de la température actuelle de la terre, elle le prolongera de même pendant 26 autres périodes $\frac{1}{2}$ pour arriver au point extrême de 5 $\frac{1}{21}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 386,034 de la formation des planètes que ce satellite sera refroidi à $\frac{1}{21}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite et fera à la diminution de la température du satellite. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation dans le tems de l'incandescence, que de $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période de 7,285 ans $\frac{16}{25}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement, par l'accession de cette chaleur du soleil, auroit été de 2 ans $\frac{2}{3}$. Mais la chaleur envoyée par jupiter, dès le tems de l'incandescence, étant à la chaleur propre du satellite : : 5 2 $\frac{170}{676}$: 1,250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1822\frac{170}{676}}$ au commencement de cette période. Et de même que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à

la fin de cette première période, en ne considérant que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la même raison de $553 \frac{1}{3}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par jupiter étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{603 \frac{1}{3}}$.

En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1822 \frac{170}{676}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{603 \frac{1}{3}}$ du premier et du dernier tems de cette première période, on a $\frac{\frac{60639 \frac{1}{2}}{676}}{1098625}$ ou $\frac{89 \frac{2}{3}}{1098625}$, qui, multipliés par $12 \frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{1120 \frac{1}{6}}{1098625}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période. Et comme la perte de la chaleur est à la compeusation en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{1120 \frac{1}{6}}{1098625} :: 7{,}283 \frac{16}{25} : \frac{8163745 \frac{19}{30}}{27465625}$ ou $:: 7{,}283$ ans $\frac{16}{25}$:

108 jours $\frac{1}{2}$, au lieu de 2 ans $\frac{2}{3}$ que nous avions trouvés par la première évaluation.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouvera que la compensation dans le tems de l'incandescence ayant été $\frac{\frac{25}{676}}{1822\frac{170}{676}}$ sera à la fin de $26\frac{1}{2}$ périodes de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces $26\frac{1}{2}$ périodes, que la température du satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1822\frac{170}{676}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ du premier et du dernier tems de ces $26\frac{1}{2}$ périodes, on a $\frac{\frac{46806\frac{1}{4}}{676}}{91112\frac{1}{2}}$ ou $\frac{69\frac{41}{169}}{91112\frac{1}{2}}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{865\frac{1}{2}}{91112\frac{1}{2}}$ ou $\frac{43}{4555}$ environ, pour la compensation totale, par la chaleur du soleil, pendant les 26 périodes $\frac{1}{2}$ de 7,283 ans $\frac{16}{21}$. Et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems total

total de sa période est au prolongement du tems du refroidissement, on aura $25 : \frac{43}{4555} :: 193{,}016 \frac{11}{25} : 72 \frac{22}{25}$. Ainsi, le prolongement total que fera la chaleur du soleil ne sera que de 72 ans $\frac{22}{25}$, qu'il faut ajouter aux 193,016 ans $\frac{11}{25}$; d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 193,090 de la formation des planètes, que ce satellite jouira de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce tems, c'est-à-dire, que ce ne sera que dans l'année 386,180 de la formation des planètes, qu'il pourra être refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Faisant les mêmes raisonnemens pour le troisième satellite de jupiter, que nous avons supposé grand comme mars, c'est-à-dire, de $\frac{13}{25}$ du diamètre de la terre, et qui est à 14 $\frac{1}{3}$ demi-diamètres de jupiter, ou 157 $\frac{2}{3}$ demi-diamètres terrestres, c'est-à-dire, à 225,857 lieues de distance de sa planète principale; nous verrons que ce satellite se seroit consolidé jusqu'au centre en 1,490 ans $\frac{3}{5}$, refroidi au point de pouvoir le toucher en 17,633 ans $\frac{18}{25}$, et au point de la température actuelle de la terre, en 38,504 ans $\frac{11}{25}$, si la densité de ce satellite étoit égale à celle de la terre; mais, comme la densité

du globe terrestre est à celle de jupiter et de ses satellites :: 1,000 : 292, il faut diminuer en même raison les tems de la consolidation et du refroidissement. Ainsi, ce troisième satellite se sera consolidé jusqu'au centre en 435 ans $\frac{11}{200}$, refroidi au point de pouvoir le toucher en 5,149 ans $\frac{11}{200}$, et il auroit perdu assez de sa chaleur propre pour arriver au point de la température actuelle de la terre en 11,243 ans $\frac{7}{21}$ environ, si la perte de la chaleur propre n'eût pas été compensée par l'accession de la chaleur du soleil, et sur-tout par celle de la chaleur envoyée par jupiter à ce satellite. Or, la chaleur envoyée par le soleil étant en raison inverse du carré des distances, la compensation qu'elle faisoit à la perte de la chaleur propre du satellite, étoit dans le tems de l'incandescence $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période de 11,243 ans $\frac{7}{21}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ de la compensation dans le premier et dans le dernier tems de cette première période de 11,243 ans $\frac{7}{21}$, on a $\frac{\frac{650}{676}}{1250}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$,

moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{85}{676}}{1250}$ ou $\frac{12\frac{13}{676}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant le tems de cette première période. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{12\frac{13}{676}}{1250} :: 11,243 : 4\frac{1}{3}$ environ. Ainsi, le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, pendant cette première période de 11,243 ans $\frac{7}{21}$, auroit été de 4 ans 116 jours.

Mais la chaleur de jupiter qui, dans le tems de l'incandescence, étoit 25, avoit diminué pendant cette première période de 25 à $23\frac{1}{6}$ environ; et comme ce satellite est éloigné de jupiter de 225,857 lieues, et qu'il est éloigné du soleil de 171,600,000 lieues, il en résulte que la chaleur envoyée par jupiter à ce satellite, auroit été à la chaleur envoyée par le soleil, comme le carré de 171,600,000 est au carré de 225,857, si la surface que présente jupiter à ce satellite étoit égale à la surface que lui présente le

soleil ; mais la surface de jupiter, qui dans le réel n'est que $\frac{121}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins plus grande à ce satellite dans le rapport inverse du carré des distances ; on aura donc $(225,857)^2 : (171,600,000)^2 :: \frac{121}{11449} : 6,101$ environ. Donc la surface que présente jupiter à son troisième satellite étant 6,101 fois plus grande que la surface que lui présente le soleil, jupiter dans le tems de l'incandescence étoit pour ce satellite un astre de feu 6,101 fois plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite, n'étoit que $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, lorsqu'au bout de 11,243 ans $\frac{7}{25}$, il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre, et que, dans le tems de l'incandescence, cette compensation par la chaleur du soleil n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$. Il faut donc multiplier par 6,101 chacun de ces deux termes de compensation, et l'on aura pour le premier $\frac{225\frac{421}{676}}{1250}$, et pour le second $\frac{225\frac{421}{676}}{50}$, et cette dernière

compensation de la fin de la période seroit exacte, si jupiter eût conservé son état d'incandescence pendant tout le tems de cette même période de 11,243 ans $\frac{7}{25}$. Mais, comme sa chaleur propre a diminué de 25 à 23 $\frac{1}{6}$ pendant cette période, la compensation à la fin de la période, au lieu d'être $\frac{225\frac{425}{676}}{50}$ n'a été que de $\frac{218\frac{13}{75}}{50}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{218\frac{13}{75}}{50}$ et $\frac{225\frac{425}{676}}{1250}$ de la compensation du premier et du dernier tems dans cette première période, on a $\frac{5679\frac{21}{25}}{1250}$ environ, lesquels, étant multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{70998}{1250}$ ou 56 $\frac{11}{19}$ environ, pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de jupiter sur son troisième satellite pendant cette première période de 11,243 ans $\frac{7}{25}$. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : 56 $\frac{11}{19}$: : 11,243 $\frac{7}{25}$: 25,340. Ainsi, le tems dont la chaleur de jupiter a prolongé le refroidissesement de ce satellite pendant cette première période de 11,243 ans $\frac{7}{25}$, a été de 25,340 ans;

et par conséquent en y ajoutant le prolongement, par la chaleur du soleil, qui est de 4 ans 116 jours, on a 25,344 ans 116 jours pour le prolongement total du refroidissement ; ce qui étant ajouté au tems de la période, donne 36,787 ans 218 jours : d'où l'on voit que ç'a été dans l'année 36,588 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 38,244 ans, que ce satellite jouissoit de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par jupiter à ce satellite étoit égale à sa chaleur propre, s'est trouvé au $5\frac{161}{677}$ terme de l'écoulement du tems de cette première période de 11,243 ans $\frac{7}{25}$, qui, étant multiplié par 449 $\frac{3}{4}$, nombre des années de chaque terme de cette période, donne 2,490 ans environ. Ainsi, ç'a été dès l'année 2,490 de la formation des planètes, que la chaleur envoyée par jupiter à son troisième satellite, s'est trouvée égale à la chaleur propre de de ce satellite.

Dès-lors on voit que cette chaleur propre du satellite a été au dessous de celle que lui envoyoit jupiter dès l'année 2,490 de la formation des planètes ; et en évaluant, comme nous avons fait pour les deux pre-

miers satellites la température dont celui-ci doit jouir, on trouve que jupiter ayant envoyé à ce satellite, dans le tems de l'incandescence, une chaleur 6,101 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore à la fin de la première période de 11,243 $\frac{7}{21}$ une chaleur 5,816 $\frac{43}{110}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de jupiter n'avoit diminué que de 25 à 23 $\frac{1}{6}$; et au bout d'une seconde période de 11,243 ans $\frac{7}{21}$, c'est-à-dire, après la déperdition de la chaleur propre du satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, jupiter envoyoit encore à ce satellite une chaleur 5,531 $\frac{86}{110}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de jupiter n'avoit encore diminué que de 23 $\frac{1}{6}$ à 22 $\frac{4}{6}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de jupiter, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $\frac{7}{8}$ par chaque période de 11,243 ans $\frac{7}{21}$, diminue par conséquent sur ce satellite de 284 $\frac{10}{110}$ pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après 15 $\frac{2}{3}$ périodes environ, cette chaleur envoyée par jupiter au satellite, sera à très-peu près encore 1,350 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

mencement de cette période, et que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la raison de $218 \frac{13}{71}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par jupiter étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{268 \frac{13}{71}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1475 \frac{2}{3}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{268 \frac{13}{71}}$ du premier et du dernier tems de cette première période, on a $\frac{\frac{43596}{676}}{395734 \frac{4}{9}}$ ou $\frac{64 \frac{1}{2}}{395734 \frac{4}{9}}$, qui, multipliés par $12 \frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{806 \frac{1}{4}}{395734 \frac{4}{9}}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période. Et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolonge-

ment du refroidissement, on aura 25 : $\frac{806\frac{1}{4}}{3957344\frac{4}{9}}$: : 11,245 $\frac{7}{21}$: $\frac{9064669\frac{1}{3}}{9893361}$ ou : : 11,243 ans $\frac{7}{21}$: 334 jours environ, au lieu de 4 ans $\frac{1}{3}$ que nous avions trouvés par la première évaluation.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouvera que la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil dans le tems de l'incandescence, ayant été $\frac{\frac{25}{676}}{1475\frac{2}{3}}$, sera à la fin de 15 $\frac{2}{3}$ périodes de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces 15 $\frac{2}{3}$ périodes que la température du satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1475\frac{2}{3}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ du premier et du dernier tems de ces 15 $\frac{2}{3}$ périodes, on a $\frac{\frac{38141\frac{1}{3}}{676}}{73782\frac{2}{3}}$ ou $\frac{56\frac{3}{7}}{73782\frac{2}{3}}$, qui, multipliés par 13 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{705\frac{17}{98}}{73782\frac{2}{3}}$, ou

$\frac{35}{3689}$ environ pour la compensation totale, par la chaleur du soleil, pendant les 15 $\frac{2}{3}$ périodes de 11,243 ans $\frac{7}{25}$ chacune. Et comme la diminution totale de la cahaleur est à la compensation totale en même raison que le tems total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{35}{3689}$: : 176,144 $\frac{17}{25}$ 66 $\frac{21}{25}$. Ainsi, le prolongement total que fera la chaleur du soleil ne sera que de 66 ans $\frac{21}{25}$, qu'il faut ajouter aux 176,144 ans $\frac{11}{25}$; d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 176,212 de la formation des planètes, que ce satellite jouira en effet de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce tems, c'est-à-dire, que ce ne sera que dans l'année 352,424 de la formation des planètes, que sa température sera 25 fois plus froide que la température actuelle de la terre.

Faisant le même calcul sur le quatrième satellite de jupiter, que nous avons supposé grand comme la terre, nous verrons qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 2,905 ans, se refroidir au point de pouvoir le toucher en 33,911 ans, et perdre assez de sa chaleur propre pour arriver au point de la température actuelle de la terre en

74,047 ans, si sa densité étoit la même que celle du globe terrestre : mais, comme la densité de jupiter et de ses satellites est à celle de la terre : : 292 : 1,000, les tems de la consolidation et du refroidissement par la déperdition de la chaleur propre doivent être diminués dans la même raison. Ainsi, ce satellite ne s'est consolidé jusqu'au centre qu'en 848 ans $\frac{1}{4}$, refroidi au point de pouvoir le toucher en 9,902 ans, et enfin il auroit perdu assez de sa chaleur propre pour arriver au point de la température actuelle de la terre en 21,621 ans, si la perte de sa chaleur propre n'eût pas été compensée par la chaleur envoyée par le soleil et par jupiter. Or la chaleur envoyée du ciel par ce satellite, étant en raison inverse du carré des distances, la compensation produite par cette chaleur étoit dans le tems de l'incandescence $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période de 21,621 ans. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ de la compensation du premier et du dernier tems de cette période, on a $\frac{\frac{650}{676}}{1250}$,

qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{8125}{676}}{1250}$ ou $\frac{12\frac{13}{676}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 21,621 ans. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{12\frac{13}{676}}{1250}$: : 21,621 : 8 $\frac{3}{10}$. Ainsi, le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, a été de 8 ans $\frac{3}{10}$ pour cette première période.

Mais la chaleur de jupiter qui, dans le tems de l'incandescence, étoit 25 fois plus grande que la chaleur actuelle de la terre, avoit diminué, au bout des 21,621 ans, de 25 à 22 $\frac{3}{4}$; et comme ce satellite est éloigné de jupiter de 277 $\frac{3}{4}$ demi-diamètres terrestres, ou de 397,877 lieues, tandisqu'il est éloigné du soleil de 171 millions 600 mille lieues, il en résulte que la chaleur envoyée par jupiter à ce satellite auroit été à la chaleur envoyée par le soleil, comme le carré de 171,600,000 est au carré de 397,877, si la

surface que jupiter présente à son quatrième satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la surface de jupiter, qui dans le réel n'est que $\frac{121}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à ce satellite bien plus grande que celle de cet astre dans le rapport inverse du carré des distances; on aura donc $(397,877)^2 : (171,600,000)^2 :: \frac{121}{11449} : 1,909$ environ. Ainsi, jupiter, dans le tems de l'incandescence, étoit pour son quatrième satellite un astre de feu 1,909 fois plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre du satellite, étoit $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, lorsqu'au bout de 21,621 ans il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre; et que, dans le tems de l'incandescence, cette compensation par la chaleur du soleil n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, qui, multipliés par 1,909, donnent $\frac{70\frac{401}{676}}{1250}$ pour la compensation qu'a faite la chaleur de jupiter au commencement de cette période, c'est-à-dire, dans le tems de l'incandescence, et par conséquent $\frac{70\frac{401}{676}}{50}$

pour la compensation que la chaleur de jupiter auroit faite à la fin de cette première période, s'il eût conservé son état d'incandescence; mais sa chaleur propre ayant diminué, pendant cette première période, de 25 à 22 $\frac{3}{4}$, la compensation au lieu d'être $\frac{70\frac{401}{676}}{50}$, n'a été que $\frac{64}{16}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{64}{16}$ et $\frac{70\frac{401}{676}}{1250}$ de la compensation dans le premier et dans le dernier tems de cette période, on a $\frac{1671}{1250}$ environ, lesquels multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{20887\frac{1}{2}}{125}$ ou 16 $\frac{3}{4}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur envoyée par jupiter, à la perte de la chaleur propre de son quatrième satellite. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : 16 $\frac{3}{4}$: : 21,621 : 14,486 $\frac{7}{100}$. Ainsi, le tems dont la chaleur de jupiter a prolongé le refroidissement de ce satellite pendant cette première période de 21,621 ans, étant de 14,486 ans $\frac{7}{100}$, et la chaleur du soleil l'ayant aussi prolongé de 8 ans $\frac{3}{10}$ pendant la même période, on trouve, en ajoutant ces

deux

deux nombres d'années aux 21,621 ans de la période, que ça été dans l'année 36,116 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 38,716 ans, que ce quatrième satellite de jupiter jouissoit de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par jupiter à son quatrième satellite a été égale à la chaleur propre de ce satellite, s'est trouvé au 17 $\frac{2}{3}$ terme environ de l'écoulement du tems de cette première période, qui, multiplié par 864 $\frac{21}{25}$, nombre des années de chaque terme de cette période de 21,621 ans, donne 15,278 $\frac{21}{25}$. Ainsi, ça été dans l'année 15,279 de la formation des planètes, que la chaleur envoyée par jupiter à son quatrième satellite s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce même satellite.

Dès-lors on voit que la chaleur de ce satellite a été au dessous de celle que lui envoyoit jupiter dans l'année 15,279 de la formation des planètes, et que jupiter ayant envoyé à ce satellite, dans le tems de l'incandescence, une chaleur 1,909 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 21,621 ans, une chaleur 1,737 $\frac{19}{100}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur

propre de jupiter n'a diminué pendant ce temps que de 25 à 22 $\frac{3}{4}$; et au bout d'une seconde période de 21,621 ans, c'est-à-dire, après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, jupiter envoyoit encore à ce satellite une chaleur 1,567 $\frac{19}{100}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de jupiter n'avoit encore diminué que de 22 $\frac{3}{4}$ à 20 $\frac{1}{4}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de jupiter, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de 2 $\frac{1}{4}$ par chaque période de 21,621 ans, diminue par conséquent sur ce satellite de 171 $\frac{81}{100}$ pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après 3 $\frac{1}{4}$ périodes environ, cette chaleur envoyée par jupiter au satellite sera à très-peu près encore 1,350 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais, comme la chaleur du soleil sur jupiter et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre à peu près : : 1 : 27, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 27 cette quantité 1,350, pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et

cette dernière chaleur étant $\frac{1}{10}$ de la chaleur actuelle du globe, il est évident qu'au bout de 3 $\frac{1}{4}$ périodes de 21,621 ans chacune, c'est-à-dire, au bout de 70,268 $\frac{1}{4}$ ans, la chaleur que jupiter a envoyée à ce satellite a été égale à la chaleur actuelle de la terre, et que n'ayant plus de chaleur propre, il n'a pas laissé de jouir d'une température égale à celle dont jouit actuellement la terre, dans l'année 70,269 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 4,563 ans.

Et comme cette chaleur envoyée par jupiter a prolongé le refroidissement de ce satellite au point de la température actuelle de la terre, elle le prolongera de même pendant 3 $\frac{1}{4}$ autres périodes, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 140,538 de la formation des planètes, que ce satellite sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température du satellite dans les différens tems. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait

compensation, dans le tems de l'incandescence, que de $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période de 21,621 ans, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil, auroit en effet été de 8 ans $\frac{3}{10}$; mais la chaleur envoyée par jupiter, dans le tems de l'incandescence, étant à la chaleur propre du satellite : : 70 $\frac{401}{676}$: 1,250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{1320\frac{401}{676}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la même raison de 64 à 50, parce

que la chaleur envoyée par jupiter étoit encore plus grande que la chaleur propre de ce satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{25}{676}}{114}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1320\frac{401}{676}}$ à $\frac{\frac{25}{676}}{114}$ du premier et du dernier tems de cette première période, on a $\frac{\frac{35865}{676}}{150548\frac{3}{10}}$ ou $\frac{53\frac{37}{676}}{150548\frac{3}{10}}$ environ, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{763\frac{1}{8}}{150548\frac{3}{10}}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période. Et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{763\frac{1}{8}}{150548\frac{3}{10}} :: 21{,}621$ ans : 4 ans 140 jours. Ainsi, le prolongement du refroidissement, par la chaleur du soleil, au lieu

d'avoir été de 8 ans $\frac{3}{10}$, n'a été que de 4 ans 140 jours.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouvera que la compensation, dans le tems de l'incandescence, ayant été de $\frac{\frac{25}{676}}{1320\frac{2}{3}}$, sera à la fin de $3\frac{1}{4}$ périodes de $\frac{\frac{25}{676}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces $3\frac{1}{4}$ périodes que la température de ce satellite sera égale à la température de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{25}{676}}{1320\frac{2}{3}}$ et $\frac{\frac{25}{676}}{50}$ du premier et du dernier tems de ces $3\frac{1}{4}$ périodes, on a $\frac{\frac{34261}{676}}{66032}$ ou $\frac{50\frac{1}{6}}{66032}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{611}{66032}$ pour la compensation totale, par la chaleur du soleil, pendant les $3\frac{1}{4}$ périodes de 21,621 ans chacune. Et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems total des

périodes est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{631}{66032}$: : 70,268 $\frac{1}{4}$: 27. Ainsi, le prolongement total qu'a fait la chaleur du soleil n'a été que de 27 ans, qu'il faut ajouter aux 70,268 ans $\frac{1}{4}$; d'où l'on voit que ça été dans l'année 70,296 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 4,536 ans, que ce quatrième satellite de jupiter jouissoit de la même température dont jouit aujourd'hui la terre; et de même que ce ne sera que dans le double du tems, c'est-à-dire, dans l'année 140,592 de la formation des planètes, que sa température sera refroidie au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Faisons maintenant les mêmes recherches sur les tems respectifs du refroidissement des satellites de saturne, et du refroidissement de son anneau. Ces satellites sont à la vérité si difficiles à voir, que leurs grandeurs relatives ne sont pas bien constatées, mais leurs distances à leur planète principale sont assez bien connues, et il paroît, par les observations des meilleurs astronomes, que le satellite le plus voisin de saturne est aussi le plus petit de tous; que le second n'est guère plus gros que le premier, le troisième un peu plus grand; que le quatrième paroît

le plus grand de tous, et qu'enfin le cinquième paroît tantôt plus grand que le troisième, et tantôt plus petit; mais cette variation de grandeur dans ce dernier satellite n'est probablement qu'une apparence dépendante de quelques causes particulières qui ne changent pas sa grandeur réelle, qu'on peut regarder comme égale à celle du quatrième, puisqu'on l'a vu quelquefois surpasser le troisième.

Nous supposerons donc que le premier et le plus petit de ces satellites est gros comme la lune; le second grand comme mercure; le troisième grand comme mars; le quatrième et le cinquième grands comme la terre; et prenant les distances respectives de ces satellites à leur planète principale, nous verrons que le premier est environ à 66,900 lieues de distance de saturne; le second à 85,450 lieues; ce qui est à peu près la distance de la lune à la terre; le troisième à 120,000 lieues; le quatrième à 278,000 lieues, et le cinquième à 808,000 lieues, tandis que le satellite le plus éloigné de jupiter n'en est qu'à 398,000 lieues.

Saturne a donc une vîtesse de rotation plus grande que celle de jupiter, puisque, dans l'état de liquéfaction, sa force centri-

fuge a projeté des parties de sa masse à plus du double de la distance à laquelle la force centrifuge de jupiter a projeté celles qui forment son satellite le plus éloigné.

Et ce qui prouve encore que cette force centrifuge, provenant de la vîtesse de rotation, est plus grande dans saturne que dans jupiter, c'est l'anneau dont il est environné, et qui, quoique fort mince, suppose une projection de matière encore bien plus considérable que celle des cinq satellites pris ensemble. Cet anneau concentrique à la surface de l'équateur de saturne, n'en est éloigné que d'environ 55,000 lieues; sa forme est celle d'une zone assez large, un peu courbée sur le plan de sa largeur, qui est d'environ un tiers du diamètre de saturne, c'est-à-dire, de plus de 9,000 lieues; mais cette zone de 9,000 lieues de largeur n'a peut-être pas 100 lieues d'épaisseur; car, lorsque l'anneau ne nous présente exactement que sa tranche, il ne réfléchit pas assez de lumière pour qu'on puisse l'apercevoir avec les meilleures lunettes; au lieu qu'on l'aperçoit ponr peu qu'il s'incline ou se redresse, et qu'il découvre en conséquence une petite partie de sa largeur : or, cette largeur, vue de face, étant de 9,000 lieues, ou plus

exactement de 9,110 lieues, seroit d'environ 4,555 lieues, vue sous l'angle de 45 dégrés, et par conséquent d'environ 100 lieues, vue sous un angle d'un dégré d'obliquité, car on ne peut guère présumer qu'il fût possible d'apercevoir cet anneau, s'il n'avoit pas au moins un dégré d'obliquité, c'est-à-dire, s'il ne nous présentoit pas une tranche au moins égale à une 90° partie de sa largeur : d'où je conclus que son épaisseur doit être égale à cette 90° partie qui équivaut à peu près à 100 lieues.

Il est bon de supputer, avant d'aller plus loin, toutes les dimensions de cet anneau, et de voir quelle est la surface et le volume de la matière qu'il contient.

Sa largeur est de 9,110 lieues.

Son épaisseur supposée, de 100 lieues.

Son diamètre intérieur, de 191,296 lieues.

Son diamètre extérieur, c'est-à-dire, y compris les épaisseurs, de 191,496 lieues.

Sa circonférence intérieure, de 444,073 lieues.

Sa circonférence extérieure, de 444,701 lieues.

Sa surface concave, de 4,455,005,030 lieues carrées.

Sa surface convexe, de 4,512,226,110 lieues carrées.

La surface de l'épaisseur en dedans, de 44,407,300 lieues carrées.

La surfacè de l'épaisseur en dehors, de 44,470,100 lieues carrées.

Sa surface totale, de 8,185,608,540 lieues carrées.

Sa solidité, de 404,836,557,000 lieues cubiques.

Ce qui fait environ trente fois autant de volume de matière qu'en contient le globe terrestre, dont la solidité n'est que de 12 milliards 365 millions 103 mille 160 lieues cubiques. Et en comparant la surface de l'anneau à la surface de la terre, on verra que celle-ci n'étant que de 25 millions 772 mille 725 lieues carrées, celle de toutes les faces de l'anneau étant de 8 milliards 185 millions 608 mille 540 lieues, elle est par conséquent plus de 217 fois plus grande que celle de la terre; en sorte que cet anneau, qui ne paroît être qu'un volume anomal, un assemblage de matière sous une forme bizarre, peut néanmoins être une terre dont la surface est plus de 300 fois plus grande que celle de notre globe, et qui, malgré son grand éloignement du soleil, peut cependant jouir de la même température que la terre.

Car, si l'on veut rechercher l'effet de la chaleur de saturne et de celle du soleil sur cet anneau, et reconnoître les tems de son

refroidissement par la déperdition de sa chaleur propre, comme nous l'avons fait pour la lune et pour les satellites de jupiter, on verra que n'ayant que 100 lieues d'épaisseur, il se seroit consolidé jusqu'au milieu ou au centre de cette épaisseur en 101 ans $\frac{1}{2}$ environ, si sa densité étoit égale à celle de la terre; mais, comme la densité de saturne et celle de ses satellites et de son anneau, que nous supposons la même, n'est à la densité de la terre que : : 184 : 1,000, il s'ensuit que l'anneau, au lieu de s'être consolidé jusqu'au centre de son épaisseur en 101 ans $\frac{1}{2}$, s'est réellemennt consolidé en 18 ans $\frac{17}{25}$. Et de même on verra que cet anneau auroit dû se refroidir au point de pouvoir le toucher en 1,183 ans $\frac{90}{143}$, si sa densité étoit égale à celle de la terre; mais, comme elle n'est que 184 au lieu de 1,000, le tems du refroidissement, au lieu d'être de 1,183 ans $\frac{90}{143}$, n'a été que de 217 ans $\frac{787}{1000}$; et celui du refroidissement à la température actuelle, au lieu d'être de 1,958 ans, n'a réellement été que de 360 ans $\frac{7}{25}$, abstraction faite de toute compensation, tant par la chaleur du soleil que par celle de saturne dont il faut faire l'évaluation.

Pour trouver la compensation par la cha-

leur du soleil, nous considérons que cette chaleur du soleil sur saturne, sur ses satellites et sur son anneau, est à très-peu près égale, parce que tous sont à très-peu près également éloignés de cet astre : or, cette chaleur du soleil que reçoit saturne est à celle que reçoit la terre : : 100 : 9,025, ou : : 4 : 361. Dès-lors, la compensation qu'a faite la chaleur du soleil, lorsque l'anneau a été refroidi à la température actuelle de la terre, au lieu d'être $\frac{1}{50}$, comme sur la terre, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, et dans le tems de l'incandescence cette compensation n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$.

Ajoutant ces deux termes du premier et du dernier tems de cette période de 360 ans $\frac{7}{21}$, on aura $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil dans les 360 ans $\frac{7}{21}$ de la première période. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems

total de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{3\frac{217}{361}}{1250} :: 360\frac{7}{25} : \frac{1\frac{19}{625}}{25}$ ans ou 15 jours environ, dont le refroidissement de l'anneau a été prolongé, par la chaleur du soleil, pendant cette première période de 360 ans $\frac{7}{25}$.

Mais la compensation par la chaleur du soleil n'est, pour ainsi dire, rien en comparaison de celle qu'a faite la chaleur de saturne. Cette chaleur de saturne dans le tems de l'incandescence, c'est-à-dire, au commencement de la période, étoit 25 fois plus grande que la chaleur actuelle de la terre, et n'avoit encore diminué au bout de 360 ans $\frac{7}{25}$, que de 25 à 24 $\frac{211}{215}$ environ. Or, cet anneau est à 4 demi-diamètres de saturne, c'est-à-dire, à 54 mille 656 lieues de distance de sa planète, tandis que sa distance au soleil est de 313 millions 500 mille lieues, en supposant 33 millions de lieues pour la distance de la terre au soleil. Dès-lors saturne, dans le tems de l'incandescence et même long-tems et très-long-tems après, a fait sur son anneau une compensation infiniment plus grande que la chaleur du soleil.

Pour en faire la comparaison, il faut

considérer que la chaleur croissant comme le carré de la distance diminue, la chaleur envoyée par saturne à son anneau auroit été à la chaleur envoyée par le soleil, comme le carré de 313,500,000 est au carré de 54,656, si la surface que saturne présente à son anneau étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la surface de saturne, qui n'est dans le réel que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à son anneau bien plus grande que celle de cet astre dans la raison inverse du carré des distances; on aura donc

$$(54,656)^2 : (313,500,000)^2 :: \frac{90\frac{1}{4}}{11449} : 259,332$$

environ: donc la surface que saturne présente à son anneau est 259,332 fois plus grande que celle que lui présente le soleil; ainsi saturne, dans le tems de l'incandescence, étoit pour son anneau un astre de feu 259,332 fois plus étendu que le soleil; mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de l'anneau, n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, lorsqu'au bout de 360 ans $\frac{7}{25}$, il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre; et que, dans le tems de l'incan-

descence, cette compensation, par la chaleur du soleil, n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$: on aura donc 259,332, multipliés par $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ ou $\frac{2873\frac{1}{2}}{1250}$ environ pour la compensation qu'a faite la chaleur de saturne au commencement de cette période, dans le tems de l'incandescence, et $\frac{2873\frac{1}{2}}{50}$ pour la compensation que saturne auroit faite à la fin de cette même période de 360 ans $\frac{7}{25}$, s'il eût conservé son état d'incandescence. Mais, comme sa chaleur propre a diminué de 25 à 24 $\frac{211}{215}$ pendant cette période de 360 ans $\frac{7}{25}$, la compensation à la fin de cette période au lieu d'être $\frac{2867\frac{1}{2}}{50}$ n'a été que $\frac{2867\frac{1}{3}}{50}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{2867\frac{1}{3}}{50}$ et $\frac{2873\frac{1}{2}}{1250}$ du premier et du dernier tems de cette première période de 360 ans $\frac{7}{25}$, on aura $\frac{74556\frac{5}{6}}{1250}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{931960\frac{5}{12}}{1250}$ ou 745 $\frac{71}{125}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de

de saturne sur son anneau, pendant cette première période de 360 ans $\frac{7}{25}$. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 745 $\frac{71}{125}$: : 360 $\frac{7}{25}$: 10,752 $\frac{13}{25}$ environ. Ainsi, le tems dont la chaleur de saturne a prolongé le refroidissement de son anneau pendant cette première période, a été d'environ 10,752 ans $\frac{13}{25}$, tandis que la chaleur du soleil ne l'a prolongé, pendant la même période, que de 15 jours. Ajoutant ces deux nombres aux 360 ans $\frac{7}{25}$ de la période, on voit que c'est dans l'année 11,113 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 63,719 ans, que l'anneau de saturne auroit pu se trouver au même dégré de température dont jouit aujourd'hui la terre, si la chaleur de saturne, surpassant toujours la chaleur propre de l'anneau, n'avoit pas continué de le brûler pendant plusieurs autres périodes de tems.

Car le moment où la chaleur envoyée par saturne à son anneau étoit égale à la chaleur propre de cet anneau, s'est trouvé dès le tems de l'incandescence où cette chaleur envoyée par Saturne étoit plus forte que la

chaleur propre de l'anneau dans le rapport de 2,873 $\frac{1}{2}$ à 1,250.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de l'anneau a été au dessous de celle que lui envoyoit saturne dès le tems de l'incandescence, et que, dans ce même tems, saturne ayant envoyé à son anneau une chaleur 259,332 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore à la fin de la première période de 360 ans $\frac{7}{25}$, une chaleur 258,608 $\frac{7}{25}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de saturne n'avoit diminué que de 25 à 24 $\frac{40}{43}$; et au bout d'une seconde période de 360 ans $\frac{7}{25}$, c'est-à-dire, après la déperdition de la chaleur propre de l'anneau, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, saturne envoyoit encore à son anneau une chaleur 257,984 $\frac{14}{25}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de saturne n'avoit encore diminué que de 24 $\frac{40}{43}$ à 24 $\frac{37}{43}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de $\frac{3}{43}$ par chaque période de 360 ans $\frac{7}{25}$, diminue par conséquent sur l'anneau, de 723 $\frac{18}{25}$ pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après 351

périodes environ, cette chaleur envoyée par saturne à son anneau sera encore à très-peu près 4,500 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais, comme la chaleur du soleil, tant sur saturne que sur ses satellites et sur son anneau, est à celle du soleil sur la terre, à peu près :: 1 : 90; et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 90 cette quantité 4,500 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il est évident qu'au bout de 351 périodes de 360 ans $\frac{7}{25}$ chacune, c'est-à-dire, au bout de 126,458 ans, la chaleur que saturne enverra encore à son anneau, sera égale à la chaleur actuelle de la terre; et que n'ayant plus aucune chaleur propre depuis très-long-tems, cet anneau ne laissera pas de jouir encore alors d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre.

Et comme cette chaleur envoyée par saturne aura prodigieusement prolongé le refroidissement de son anneau au point de la température actuelle de la terre, elle le

prolongera de même pendant 351 autres périodes, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 252,916 de la formation des planètes, que l'anneau de saturne sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a dû faire à la diminution de la température de l'anneau dans les différens tems. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre de l'anneau, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation, dans le tems de l'incandescence, que de $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période, qui est de 360 ans $\frac{7}{25}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$; et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil, auroit en effet été de 15 jours; mais la chaleur envoyée par saturne, dans le tems de l'incandescence, étant à la chaleur propre de l'an-

neau :: $2{,}873\frac{1}{2} : 1{,}250$, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{4123\frac{1}{2}}$ au commencement de cette période; et que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre de l'anneau, doit être diminuée dans la raison de $2{,}867\frac{2}{3}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre de l'anneau dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{2917\frac{1}{3}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{4123\frac{1}{2}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{2917\frac{1}{2}}$ du premier et du dernier tems de cette première pé-

riode, on a $\frac{41\frac{}{361}}{12029624}$ ou $\frac{78\frac{5}{361}}{12029624}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur propre pendant cette première période de 360 ans $\frac{7}{25}$, donnent $\frac{975\frac{63}{361}}{12029624}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période. Et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{975\frac{63}{361}}{12029624}$: : 360 $\frac{7}{25}$: $\frac{351336}{300740600}$ ou : : 360 ans $\frac{7}{25}$: 10 heures, 14 minutes. Ainsi, le prolongement du refroidissement, par la chaleur du soleil, sur l'anneau de saturne pendant la première période, au lieu d'avoir été de 15 jours, n'a réellement été que de 10 heures 14 minutes.

Et, pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouvera que la compensation, dans le tems de l'incandescence, ayant été $\frac{4\frac{}{361}}{4123\frac{1}{2}}$, seroit à la fin

de 351 périodes, de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces 351 périodes que la température de l'anneau sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{4123\frac{1}{2}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier tems de ces 351 périodes, on a $\frac{\frac{16514}{361}}{206175}$ ou $\frac{45\frac{3}{4}}{206175}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur pendant toutes ces périodes, donnent $\frac{572}{206175}$ environ pour la compensation totale, par la chaleur du soleil, pendant les 351 périodes de 360 ans $\frac{7}{10}$ chacune. Et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{572}{206175} :: 126{,}458 : 14$ ans $\frac{1}{125}$. Ainsi, le prolongement total qu'a fait et que fera la chaleur du soleil sur l'anneau de saturne, n'est que de 14 ans $\frac{1}{125}$, qu'il faut ajouter aux 126,458 ans. D'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 126,473 de la formation des planètes, que cet

anneau jouira de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double du tems, c'est-à-dire, que ce ne sera que dans l'année 252,946 de la formation des planètes, que la température de l'anneau de saturne sera refroidie à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Pour faire sur les satellites de saturne la même évaluation que nous venons de faire sur le refroidissement de son anneau, nous supposerons, comme nous l'avons dit, que le premier de ces satellites, c'est-à dire, le plus voisin de saturne, est de la grandeur de la lune; le second de celle de mercure; le troisième de la grandeur de mars; le quatrième et le cinquième de la grandeur de la terre. Cette supposition, qui ne pourroit être exacte que par un grand hasard, ne s'éloigne cependant pas assez de la vérité, pour que, dans le réel, elle ne nous fournisse pas des résultats qui pourront achever de completter nos idées sur les tems où la Nature a pu naître et périr dans les différens globes qui composent l'univers solaire.

Partant donc de cette supposition, nous verrons que le premier satellite étant grand comme la lune, a dû se consolider jusqu'au centre en 145 ans $\frac{3}{4}$ environ, parce que

n'étant que de $\frac{3}{11}$ du diamètre de la terre, il se seroit consolidé jusqu'au centre en 792 ans $\frac{3}{4}$, s'il étoit de même densité; mais la densité de la terre étant à celle de saturne et de ses satellites : : 1,000 : 184, il s'ensuit qu'on doit diminuer le tems de la consolidation et du refroidissement dans la même raison; cequi donne 145 ans $\frac{3}{4}$ pour le tems nécessaire à la consolidation. Il en est de même du tems du refroidissement au point de pouvoir toucher, sans se brûler, la surface de ce satellite; on trouvera, par les mêmes règles de proportion, qu'il aura perdu assez de sa chaleur propre pour arriver à ce point en 1,701 ans $\frac{16}{25}$, et ensuite que, par la même déperdition de sa chaleur propre, il se seroit refroidi au point de la température actuelle de la terre en 3,715 ans $\frac{87}{125}$. Or l'action de la chaleur du soleil étant en raison inverse du carré de la distance, la compensation que cette chaleur envoyée par le soleil a faite au commencement de cette première période, dans le tems de l'incandescence, a été $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette même période de 3,715 ans $\frac{87}{125}$. Ajoutant ces deux termes

$\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ de la compensation dans le premier et dans le dernier tems de cette période, on a $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 3,715 ans $\frac{87}{125}$. Et, comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{3\frac{217}{361}}{1250} :: 3{,}715$ ans $\frac{87}{125} : 156$ jours. Ainsi, le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, n'a été que de 156 jours pendant cette première période.

Mais la chaleur de saturne, qui, dans le tems de l'incandescence, c'est-à-dire, dans le commencement de cette première période, étoit 25, n'avoit encore diminué au bout de 3,715 ans $\frac{87}{125}$ que de 25 à $24\frac{4}{13}$ environ; et comme ce satellite n'est éloigné de saturne

que de 66,900 lieues, tandis qu'il est éloigné du soleil de 313,500,000 lieues, la chaleur envoyée par saturne à ce premier satellite auroit été à la chaleur envoyée par le soleil, comme le carré de 313,500,000 est au carré de 66,900, si la surface que saturne présente à ce satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la surface de saturne, qui n'est, dans le réel, que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à ce satellite plus grande que celle de cet astre dans le rapport inverse du carré des distances; on aura donc $(66,900)^2 : (313,500,000)^2 :: \frac{90\frac{1}{4}}{11449} : 173,102$ environ: donc la surface que saturne présente à son premier satellite étant 173,102 fois plus grande que celle que lui présente le soleil, saturne, dans le tems de l'incandescence, étoit pour ce satellite un astre de feu 173,102 fois plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite, n'étoit que $\frac{4}{\frac{361}{1250}}$ dans le tems de l'incandescence, et

$\frac{\frac{4}{361}}{50}$ lorsqu'au bout de 3,715 ans $\frac{2}{3}$ il se seroit refroidi à la température actuelle de la terre ; on aura donc 173,102 multipliés par $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ ou $\frac{1918\frac{1}{5}}{1250}$ environ pour la compensation qu'a faite la chaleur de saturne au commencement de cette période, dans le tems de l'incandescence, et $\frac{1918\frac{1}{5}}{50}$ pour la compensation que saturne auroit faite à la fin de cette même période, s'il eût conservé son état d'incandescence ; mais, comme la chaleur propre de saturne a diminué de 25 à 24 $\frac{4}{13}$ environ pendant cette periode de 3,715 ans $\frac{2}{3}$, la compensation à la fin de cette période, au lieu d'être $\frac{1918\frac{1}{5}}{50}$, n'a été que $\frac{1865}{50}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{1865}{50}$ et $\frac{1918\frac{1}{5}}{1250}$ de la compensation du premier et du dernier tems de cette période, on aura $\frac{38543\frac{1}{5}}{1250}$, lesquels, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{606790}{1250}$ ou 485 $\frac{6}{17}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de saturne sur son premier satellite, pendant

cette première période de 3,715 ans $\frac{2}{3}$. Et, comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 485 $\frac{6}{17}$: : 3,715 $\frac{2}{3}$: 72,136 environ. Ainsi, le tems dont la chaleur de saturne a prolongé le refroidissement de son premier satellite pendant cette première période de 3,715 $\frac{2}{3}$, a été de 72,136 ans, tandis que la chaleur du soleil ne l'a prolongé pendant la même période que de 156 jours. En ajoutant ces deux termes avec celui de la période, qui est de 3,715 ans environ, on voit que ce sera dans l'année 75,853 de la formation des planètes, c'est-à-dire, dans 1,021 ans, que ce premier satellite de saturne pourra jouir de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par saturne à ce satellite a été égale à sa chaleur propre, s'est trouvé dès le premier moment de l'incandescence, ou plutôt ne s'est jamais trouvé; car, dans le tems même de l'incandescence, la chaleur envoyée par saturne à ce satellite, étoit encore plus grande que la sienne propre, quoiqu'il fût lui-même en incandescence, puisque la compensation que

faisoit alors la chaleur de saturne à la chaleur propre du satellite, étoit $\frac{1958\frac{1}{2}}{1250}$, et que, pour qu'elle n'eût été qu'égale, il auroit fallu que la température n'eût été que $\frac{1250}{1250}$.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au dessous de celle que lui envoyoit saturne dès le moment de l'incandescence, et que, dans ce même tems, saturne ayant envoyé à ce satellite une chaleur 173,102 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 3,715 ans $\frac{87}{125}$, une chaleur 168,308 $\frac{2}{7}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de saturne n'avoit diminué que de 25 à 24 $\frac{4}{13}$; et au bout d'une seconde période de 3,715 ans $\frac{87}{125}$, après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, saturne envoyoit encore à ce satellite une chaleur 163,414 $\frac{4}{7}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de saturne n'avoit encore diminué que de 24 $\frac{4}{13}$ à 23 $\frac{8}{13}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroit constamment de $\frac{9}{13}$ par chaque période de 3,715 ans $\frac{87}{125}$, diminue par con-

séquent sur ce satellite de 4,893 $\frac{3}{7}$ pendant chacune de ces périodes ; en sorte qu'après 33 $\frac{1}{2}$ périodes environ, cette chaleur envoyée par saturne à son premier satellite, sera encore à très-peu près 4,500 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais, comme cette chaleur du soleil sur saturne et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre : : 1 : 90 à très-peu près, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 90 cette quantité 4,500 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre ; et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il est évident qu'au bout de 33 $\frac{1}{2}$ périodes de 3,715 ans $\frac{87}{125}$ chacune, c'est-à-dire, au bout de 124,475 ans $\frac{1}{6}$, la chaleur que saturne enverra encore à ce satellite, sera égale à la chaleur actuelle de la terre, et que ce satellite, n'ayant plus aucune chaleur propre depuis très-long-tems, ne laissera pas de jouir alors d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre.

Et, comme cette chaleur envoyée par saturne a prodigieusement prolongé le refroidissement de ce satellite au point de la

température actuelle de la terre, il la prolongera de même pendant 33 $\frac{1}{2}$ autres périodes, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 248,951 de la formation des planètes, que ce premier satellite de saturne sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température de ce satellite dans les différens tems. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation, dans le tems de l'incandescence, que de $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période, qui est de 3,715 ans $\frac{17}{121}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$; et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil, auroit été en effet de 156 jours; mais la chaleur envoyée par saturne dans le tems de l'incandescence

descence, étant à la chaleur propre du satellite : : 1,918 $\frac{1}{3}$: 1,250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil, doit être diminuée dans la même raison ; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{3168\frac{1}{3}}$ au commencement de cette période et que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette première période, si on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la raison de 1,865 à 50, parce que la chaleur envoyée par saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{1915}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{3168\frac{1}{3}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{1915}$ du premier et du dernier tems de cette première période de 3,715 ans $\frac{87}{121}$, on a $\frac{\frac{20332}{361}}{6067103}$ ou $\frac{56\frac{116}{361}}{6067103}$, qui

multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur du satellite pendant cette première période, donnent $\frac{704\frac{8}{41}}{6067103}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période. Et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{704\frac{8}{41}}{6067103} ::$ $3{,}715\frac{87}{121} : \frac{2616510\frac{1}{2}}{151677576}$, ou $:: 3{,}715$ ans $\frac{87}{121}$: 6 jours 7 heures environ. Ainsi, le prolongement du refroidissement, par la chaleur du soleil, pendant cette première période, au lieu d'avoir été de 156 jours, n'a réellement été que de 6 jours 7 heures.

Et, pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouvera que la compensation, dans le tems de l'incandescence, ayant été, comme nous venons de le dire, $\frac{\frac{4}{361}}{3168\frac{1}{7}}$, sera, à la fin de $33\frac{1}{2}$ périodes, de $3{,}715$ ans $\frac{87}{121}$ chacune, de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$,

puisque ce n'est qu'après ces $33\frac{1}{2}$ périodes que la température de ce satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{3168\frac{1}{5}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier tems des $33\frac{1}{2}$ périodes, on a $\frac{\frac{12873}{361}}{158410}$ ou $\frac{35\frac{2}{3}}{158410}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur pendant toutes ces périodes, donnent $\frac{445\frac{1}{6}}{158410}$ pour la compensation totale par la chaleur du soleil pendant les $33\frac{1}{2}$ périodes de 3,715 ans $\frac{87}{121}$ chacune. Et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems total de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{445\frac{1}{6}}{158410} :: 124,475$ ans $\frac{1}{6}$: 14 ans 4 jours environ. Ainsi, le prolongement total que fera la chaleur du soleil ne sera que de 14 ans 4 jours, qu'il faut ajouter aux 124,475 ans $\frac{1}{6}$. D'où l'on voit que ce ne sera que sur la fin de l'année 124,490 de la formation des planètes, que ce satellite jouira de la même température

dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce tems, c'est-à-dire, 248,980 ans, à dater de la formation des planètes, pour que ce premier satellite de saturne puisse être refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Faisant le même calcul pour le second satellite de saturne, que nous avons supposé grand comme mercure, et qui est à 85 mille 450 lieues de distance de sa planète principale, nous verrons que ce satellite a dû se consolider jusqu'au centre en 178 ans $\frac{3}{25}$, parce que, n'étant que de $\frac{1}{3}$ du diamètre de la terre, il se seroit consolidé jusqu'au centre en 968 ans $\frac{1}{3}$, s'il étoit de même densité; mais, comme la densité de la terre est à la densité de saturne et de ses satellites : : 1,000 : 184, il s'ensuit qu'on doit diminuer les tems de la consolidation et du refroidissement dans la même raison; ce qui donne 178 ans $\frac{3}{25}$ pour le tems nécessaire à la consolidation. Il en est de même du tems du refroidissement au point de toucher, sans se brûler, la surface du satellite; on trouvera, par les mêmes règles de proportion, qu'il s'est refroidi à ce point en 2,079 ans $\frac{35}{62}$, et ensuite qu'il s'est refroidi à la température actuelle de la terre, en 4,541 ans $\frac{1}{2}$ environ. Or, l'action

de la chaleur du soleil étant en raison inverse du carré des distances, la compensation étoit au commencement de cette première période, dans le tems de l'incandescence, $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette même période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier tems de cette période, on a $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$. Et, comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$: : 4,541 $\frac{1}{2}$: 191 jours. Ainsi, le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, auroit été de 191 jours pendant cette première période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$.

dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce tems, c'est-à-dire, 248,980 ans, à dater de la formation des planètes, pour que ce premier satellite de saturne puisse être refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Faisant le même calcul pour le second satellite de saturne, que nous avons supposé grand comme mercure, et qui est à 85 mille 450 lieues de distance de sa planète principale, nous verrons que ce satellite a dû se consolider jusqu'au centre en 178 ans $\frac{3}{21}$, parce que, n'étant que de $\frac{1}{3}$ du diamètre de la terre, il se seroit consolidé jusqu'au centre en 968 ans $\frac{1}{3}$, s'il étoit de même densité; mais, comme la densité de la terre est à la densité de saturne et de ses satellites : : 1,000 : 184, il s'ensuit qu'on doit diminuer les tems de la consolidation et du refroidissement dans la même raison; ce qui donne 178 ans $\frac{3}{21}$ pour le tems nécessaire à la consolidation. Il en est de même du tems du refroidissement au point de toucher, sans se brûler, la surface du satellite; on trouvera, par les mêmes règles de proportion, qu'il s'est refroidi à ce point en 2,079 ans $\frac{31}{62}$, et ensuite qu'il s'est refroidi à la température actuelle de la terre, en 4,541 ans $\frac{1}{2}$ environ. Or, l'action

de la chaleur du soleil étant en raison inverse du carré des distances, la compensation étoit au commencement de cette première période, dans le tems de l'incandescence, $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette même période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier tems de cette période, on a $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$. Et, comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$: : 4,541 $\frac{1}{2}$: 191 jours. Ainsi, le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, auroit été de 191 jours pendant cette première période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$.

Mais la chaleur de saturne, qui, dans le tems de l'incandescence, étoit 25 fois plus grande que la chaleur actuelle de la terre, n'avoit diminué au bout de 4,541 ans $\frac{1}{2}$, que de $\frac{17}{61}$ environ, et étoit encore 24 $\frac{8}{61}$ à la fin de cette même période. Et ce satellite n'étant éloigné que de 85 mille 450 lieues de sa planète principale, tandis qu'il est éloigné du soleil de 313 millions 500 mille lieues, il en résulte que la chaleur envoyée par saturne à ce second satellite auroit été comme le carré de 313,500,000 est au carré de 85,450, si la surface que présente saturne à ce satellite, étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la surface de saturne qui, dans le réel, n'est que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins plus grande à ce satellite dans le rapport inverse du carré des distances. On aura donc $(85,450)^2 : (313,500,000)^2 :: \frac{90\frac{1}{4}}{11449} : 106,104$ environ. Ainsi, la surface que présente saturne à ce satellite, étant 106 mille 104 fois plus grande que la surface que lui présente le soleil, saturne, dans le tems de l'incandescence, étoit, pour son second satellite, un astre de feu 106 mille 104 fois plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la

compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre du satellite, dans le tems de l'incandescence, n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$, lorsqu'il se seroit refroidi par la déperdition de sa chaleur propre au point de la température actuelle de la terre, la compensation par la chaleur du soleil a été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$. Il faut donc multiplier ces deux termes de compensation par 106,104, et l'on aura $\frac{1175\frac{2}{9}}{1250}$ environ pour la compensation qu'a faite la chaleur de saturne sur ce satellite au commencement de cette première période, dans le tems de l'incandescence, et $\frac{1175\frac{2}{3}}{50}$ pour la compensation que la chaleur de saturne auroit faite à la fin de cette même période, s'il eût conservé son état d'incandescence; mais, comme la chaleur propre de saturne a diminué de 25 à 24 $\frac{8}{61}$ pendant cette période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$, la compensation à la fin de la période, au lieu d'être $\frac{1175\frac{2}{3}}{50}$, n'a été que $\frac{1134\frac{17}{40}}{50}$ environ. Ajoutant ces

deux termes de compensation $\frac{1175\frac{2}{3}}{1250}$ et $\frac{1134\frac{17}{40}}{50}$ du premier et du dernier tems de la période, on a $\frac{29586\frac{1}{40}}{1250}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{349202}{1250}$ ou $295\frac{2}{9}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur envoyée par saturne à ce satellite pendant cette première période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$. Et, comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : 295\frac{2}{9} :: 4{,}541\frac{1}{2} : 53{,}630$ environ. Ainsi, le tems dont la chaleur de saturne a prolongé le refroidissement de ce satellite, pour cette première période, a été de 53,630 ans, tandis que la chaleur du soleil, pendant le même tems, ne l'a prolongé que de 191 jours. D'où l'on voit, en ajoutant ces tems à celui de la période, qui est de 4,541 ans $\frac{1}{2}$, que ç'a été dans l'année 58,173 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 16,659 ans, que ce second satellite de saturne jouissoit de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par saturne à ce satellite a été égale à sa chaleur

propre, s'est trouvé presque immédiatement après l'incandescence, c'est-à-dire, à $\frac{74}{1175\frac{2}{3}}$ du premier terme de l'écoulement du tems de cette première période, qui, multipliés par $181\frac{33}{50}$, nombre des années de chaque terme de cette période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$, donnent 7 ans $\frac{5}{6}$ environ. Ainsi, ç'a été dès l'année 8 de la formation des planètes, que la chaleur envoyée par saturne à son second satellite, s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce même satellite.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au dessous de celle que lui envoyoit saturne, dès le tems le plus voisin de l'incandescence, et que, dans le premier moment de l'incandescence, saturne ayant envoyé à ce satellite une chaleur 106,104 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore à la fin de la première période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$, une chaleur 102,382 $\frac{1}{3}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de saturne n'avoit diminué que de 25 à $24\frac{8}{61}$, et au bout d'une seconde période de 4,541 ans $\frac{1}{2}$; après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, saturne envoyoit encore à ce satellite une chaleur 98,660 $\frac{2}{3}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la

du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil, auroit en effet été de 191 jours; mais la chaleur envoyée par saturne dans le tems de l'incandescence, étant à la chaleur propre du satellite : : 1,175 $\frac{2}{3}$: 1,250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil, doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{2425\frac{2}{3}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation, qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la raison de 1,134 $\frac{17}{40}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{1184\frac{17}{40}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{2425\frac{2}{3}}$, et $\frac{\frac{4}{361}}{1184\frac{17}{40}}$ du premier et du dernier tems de

cette première période, on a $\frac{\frac{14440\frac{11}{30}}{361}}{2873020\frac{1}{8}}$ ou $\frac{40}{2873020\frac{1}{8}}$ environ, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{500}{2873020\frac{1}{8}}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période. Et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{500}{2873020} :: 4{,}541\frac{1}{2} : \frac{227071}{4309530}$, ou :: $4{,}541\frac{1}{2}$: 19 jours environ. Ainsi, le prolongement du refroidissement par la chaleur du soleil, au lieu d'être de 191 jours, n'a réellement été que de 19 jours environ.

Et, pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes les périodes, on trouve que la compensation par la chaleur du soleil, dans le tems de l'incandescence, ayant été, comme nous venons de le dire, $\frac{\frac{4}{361}}{1425\frac{2}{3}}$, sera, à la fin de $26\frac{1}{3}$ périodes, de $4{,}541$ ans $\frac{1}{2}$ chacune

de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces $26\frac{1}{3}$ périodes que la température du satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{2425\frac{2}{3}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier tems de ces $26\frac{1}{3}$ périodes, on a $\frac{\frac{9902}{361}}{121282}$ ou $\frac{27\frac{155}{361}}{121282}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur pendant toutes ces périodes, donnent $\frac{342\frac{313}{361}}{121282}$ pour la compensation totale, par la chaleur du soleil, pendant les $26\frac{1}{3}$ périodes de 4,541 ans $\frac{1}{2}$ chacune. Et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{342\frac{313}{361}}{121282}$: : 119,592 $\frac{1}{6}$: 13 $\frac{13}{21}$ environ. Ainsi, le prolongement total que fera la chaleur du soleil ne sera que de 13 ans $\frac{13}{21}$, qu'il faut ajouter aux 119,592 ans $\frac{1}{6}$; d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 119,607 de la

formation des planètes, que ce satellite jouira de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double du tems, c'est-à-dire, que ce ne sera que dans l'année 239,214 de la formation des planètes, que sa température sera refroidie à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Faisant les mêmes raisonnemens pour le troisième satellite de saturne, que nous avons supposé grand comme mars, et qui est éloigné de saturne de 120 mille lieues, nous verrons que ce satellite auroit dû se consolider jusqu'au centre en 277 ans $\frac{19}{20}$, parce que n'étant que $\frac{13}{25}$ du diamètre de la terre, il se seroit refroidi jusqu'au centre en 1,510 ans $\frac{3}{5}$, s'il étoit de même densité; mais la densité de la terre étant à celle de ce satellite : : 1,000 : 184, il s'ensuit qu'on doit diminuer le tems de sa consolidation dans la même raison; ce qui donne 277 ans $\frac{19}{20}$ environ. Il en est de même du tems du refroidissement au point de pouvoir, sans se brûler, toucher la surface du satellite; on trouvera, par les mêmes règles de proportion, qu'il s'est refroidi à ce point en 3,244 $\frac{20}{31}$, et ensuite qu'il s'est refroidi au point de la température actuelle de la terre, en 7,083 ans $\frac{11}{15}$ environ. Or, l'action de la

chaleur du soleil étant en raison inverse du carré de la distance, la compensation étoit au commencement de cette première période, dans le tems de l'incandescence, $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette même période de 7,083 ans $\frac{11}{15}$. Ajoutant ces deux termes de compensation du premier et du dernier tems de cette période, on a $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période de 7,083 ans $\frac{11}{15}$. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{3\frac{217}{361}}{1250} :: 7{,}083$ ans $\frac{11}{15}$: 296 jours. Ainsi, le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, n'a été que de 296 jours pendant cette première période de 7,083 ans $\frac{11}{15}$.

Mais la chaleur de saturne qui, dans le tems

tems de l'incandescence, étoit 25, avoit diminué, au bout de la période de 7,083 ans $\frac{11}{61}$, de 25 à 23 $\frac{41}{61}$; et comme ce satellite est éloigné de saturne de 120,000 lieues, et qu'il est distant du soleil de 313,500,000 lieues, il en résulte que la chaleur envoyée par saturne à ce satellite auroit été comme le carré de 313,500,000 est au carré de 120,000, si la surface que présente saturne à ce satellite étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la surface de saturne, n'étant, dans le réel, que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à ce satellite plus grande que celle de cet astre dans le rapport inverse du carré des distances; on aura donc

$$(120,000) : (313,500,000)^2 :: \frac{90\frac{1}{4}}{11449} : 53,801$$

environ. Donc la surface que saturne présente à ce satellite, est 53,801 fois plus grande que celle que lui présente le soleil; ainsi saturne, dans le tems de l'incandescence, étoit pour ce satellite un astre de feu 53,801 fois plus grand que le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite, étoit

$\frac{\frac{4}{361}}{50}$, lorsqu'au bout de 7,083 ans $\frac{2}{3}$, il se seroit, comme mars, refroidi à la température actuelle de la terre, et que, dans le tems de l'incandescence, cette compensation par la chaleur du soleil n'étoit que de $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$; on aura donc 53,801, multipliés par $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ ou $\frac{596\frac{48}{361}}{1250}$ pour la compensation qu'a faite la chaleur de saturne au commencement de cette période, dans le tems de l'incandescence, et $\frac{596\frac{48}{361}}{50}$ pour la compensation à la fin de cette même période, si saturne eût conservé son état d'incandescence; mais, comme sa chaleur propre a diminué de 25 à 23 $\frac{41}{61}$ environ, pendant cette période de 7,083 ans $\frac{2}{3}$, la compensation à la fin de cette période, au lieu d'être $\frac{596\frac{48}{361}}{50}$, n'a été que de $\frac{563\frac{1}{2}}{50}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{563\frac{1}{2}}{50}$ et $\frac{596\frac{48}{361}}{1250}$ du premier et du dernier tems de cette période, on aura $\frac{14683\frac{17}{90}}{1250}$ environ, lesquels, multipliés par

12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{183541}{1250}$ environ, ou 146 $\frac{5}{6}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de saturne sur ce troisième satellite, pendant cette première période de 7,083 ans $\frac{1}{11}$. Et, comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est à celui du prolongement du refroidissement, on aura 25 : 146 $\frac{5}{6}$: : 7,083 $\frac{2}{3}$: 41,557 $\frac{1}{2}$ environ. Ainsi, le tems dont la chaleur de saturne a prolongé le refroidissement de son troisième satellite pendant cette période de 7,083 ans $\frac{2}{3}$, a été de 41,557 ans $\frac{1}{2}$, tandis que la chaleur du soleil ne l'a prolongé pendant ce même tems, que de 296 jours. Ajoutant ces deux tems à celui de la période de 7,083 ans $\frac{2}{3}$, on voit que ce seroit dans l'année 48,643 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 26,189 ans, que ce troisième satellite de saturne auroit joui de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par saturne à ce satellite a été égale à sa chaleur propre, s'est trouvé au 2 $\frac{1}{11}$ terme environ de l'écoulement du tems de cette première période, lequel, multiplié par 283 $\frac{1}{3}$, nombre des années de chaque terme de la période

de 7,083 $\frac{2}{3}$, donne 630 ans $\frac{1}{3}$ environ; ainsi, ç'a été dès l'année 631 de la formation des planètes, que la chaleur envoyée par saturne à son troisième satellite, s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce même satellite.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au dessous de celle que lui envoyoit saturne dès l'année 631 de la formation des planètes; et que saturne ayant envoyé à ce satellite une chaleur 53,801 fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 7,083 ans $\frac{2}{3}$, une chaleur 50,854 $\frac{9}{21}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de saturne n'avoit diminué que de 25 à 23 $\frac{41}{61}$ environ. Et au bout d'une seconde période de 7,083 ans $\frac{2}{3}$, après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre, saturne envoyoit encore à ce satellite une chaleur 47,907 $\frac{8}{21}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de saturne n'avoit encore diminué que de 23 $\frac{41}{61}$ à 22 $\frac{17}{61}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de 1 $\frac{24}{61}$ par

chaque période de 7,083 ans $\frac{2}{3}$, diminue par conséquent sur ce satellite de 2,946 $\frac{3}{7}$ pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après 15 $\frac{3}{4}$ périodes environ, cette chaleur envoyée par saturne à son troisième satellite, sera encore 4,500 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais, comme cette chaleur du soleil sur saturne et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre : : 1 : 90 à très-peu près, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 90 cette quantité de chaleur 4,500 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre; et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{50}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il es évident qu'au bout de 15 $\frac{3}{4}$ périodes de 7,083 ans $\frac{2}{3}$, c'est-à-dire, au bout de 111,567 ans, la chaleur que saturne enverra encore à ce satellite sera égale à la chaleur actuelle de la terre, et que ce satellite n'ayant plus aucune chaleur propre depuis très-long-tems, ne laissera pas de jouir alors d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre.

Et, comme cette chaleur envoyée par saturne a très-considérablement prolongé le

refroidissement de ce satellite, au point de la température actuelle de la terre, il le prolongera de même pendant 15 $\frac{3}{4}$ autres périodes, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 223,134 de la formation des planètes, que ce troisième satellite de saturne sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température du satellite dans les différens tems. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation, dans le tems de l'incandescence, que de $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période, qui est de 7,083 ans $\frac{2}{3}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$; et que dès-lors le prolongement du refroidissement, par l'accession de cette chaleur du soleil, auroit en effet été de 296 jours. Mais la chaleur envoyée par saturne dans le tems de l'incandescence étant à la

chaleur propre du satellite : : 596 $\frac{48}{361}$: 1250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison ; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{1846\frac{48}{361}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation, qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la raison de 563 $\frac{1}{2}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre de ce satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{613\frac{1}{2}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{1846\frac{48}{361}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{613\frac{1}{2}}$ du premier et du dernier tems de cette première période, on a

$\frac{\frac{9838}{361}}{1132602}$ ou $\frac{27\frac{1}{4}}{1132602}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{340\frac{5}{8}}{1132602}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période. Et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale, en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{340\frac{5}{8}}{1132602} :: 7{,}083\frac{2}{3} : \frac{2412878\frac{2}{5}}{28315050}$, ou $:: 7{,}083\frac{2}{3}$ ans : 31 jours environ. Ainsi, le prolongement du refroidissement, par la chaleur du soleil, au lieu d'avoir été de 296 jours, n'a réellement été que de 31 jours.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite cette chaleur du soleil pendant toutes ces périodes, on trouvera que la compensation, par la chaleur du soleil, dans le tems de l'incandescence, ayant été, comme nous venons de le dire, $\frac{\frac{4}{361}}{1846\frac{48}{361}}$, sera à la fin de $15\frac{1}{4}$ périodes de $7{,}083$ ans $\frac{2}{3}$ chacune, de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, puisque ce n'est qu'après

ces 15 $\frac{3}{4}$ périodes, que la température du satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant donc ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{1846\frac{48}{361}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier tems de ces 15 $\frac{3}{4}$ périodes, on a $\frac{\frac{7584\frac{1}{9}}{361}}{92306\frac{3}{5}}$ ou $\frac{21\frac{3}{124}}{92306\frac{3}{5}}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur pendant les 15 $\frac{3}{4}$ périodes de 7,083 ans $\frac{2}{3}$ chacune, donnent $\frac{262\frac{1}{8}}{92306\frac{3}{5}}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil. Et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems total des périodes est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{262\frac{1}{8}}{92306\frac{3}{5}}$: : 111,567 ans : 12 ans 254 jours. Ainsi, le prolongement total que fera la chaleur du soleil pendant toutes ces périodes, ne sera que de 12 ans 254 jours qu'il faut ajouter aux 111,567 ans; d'où l'on voit que ce ne sera que dans l'année 111,580 de la formation des planètes, que ce satellite jouira réellement de la même température dont

jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce tems, c'est-à-dire, que ce ne sera que dans l'année 223,160 de la formation des planètes, que sa température pourra être refroidie à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Faisant les mêmes raisonnemens pour le quatrième satellite de saturne, que nous avons supposé grand comme la terre, on verra qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 534 ans $\frac{13}{25}$, parce que ce satellite étant égal au globe terrestre, il se seroit consolidé jusqu'au centre en 2,905 ans, s'il étoit de même densité; mais la densité de la terre étant à celle de ce satellite : : 1,000 : 184, il s'ensuit qu'on doit diminuer le tems de la consolidation dans la même raison; ce qui donne 534 ans $\frac{13}{25}$. Il en est de même du tems du refroidissement au point de toucher, sans se brûler, la surface du satellite; on trouvera, par les mêmes règles de proportion, qu'il s'est refroidi à ce point en 6,239 ans $\frac{9}{167}$, et ensuite qu'il s'est refroidi à la température actuelle de la terre en 13,624 $\frac{2}{3}$. Or, l'action de la chaleur du soleil étant en raison inverse du carré des distances, la compensation étoit au commencement de cette première période, dans le

tems de l'incandescence, $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette même période de $13,624\frac{2}{3}$. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier tems de cette période, on a $\frac{\frac{104}{361}}{1250}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{1300}{361}}{1250}$ ou $\frac{3\frac{217}{361}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette période de 13,624 ans $\frac{2}{5}$. Et, comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{3\frac{217}{361}}{1250} :: 13,624\frac{2}{3} : 1\frac{14}{25}$ environ. Ainsi, le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, n'a été que de 1 an $\frac{14}{25}$ pendant cette première période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$.

Mais la chaleur de saturne qui, dans le tems de l'incandescence, étoit 25 fois plus grande que la chaleur de la température actuelle de la terre, n'avoit encore diminué

au bout de cette période de 13,624 $\frac{2}{3}$, que de 25 à 22 $\frac{19}{65}$ environ. Et, comme ce satellite est à 278 mille lieues de distance de saturne, et à 313 millions 500 mille lieues de distance du soleil, la chaleur envoyée par saturne, dans le tems de l'incandescence, auroit été comme le carré de 313,500,000 est au carré de 278,000, si la surface que présente saturne à son quatrième satellite, étoit égale à la surface que lui présente le soleil; mais la surface de saturne n'étant, dans le réel, que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins à ce satellite plus grande que celle de cet astre, dans la raison inverse du carré des distances; ainsi l'on aura $(278,000)^2$: $(313,500,000)^2$: : $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$: 10,024 $\frac{1}{2}$ environ. Donc la surface, que présente saturne à ce satellite, est 10,024 $\frac{1}{2}$ fois plus grande que celle que lui présente le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil à la perte de la chaleur propre de ce satellite, n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ lorsqu'au bout de 13,624 ans $\frac{1}{2}$ il se seroit refroidi comme la terre au point de la température actuelle, et que, dans le tems de l'incan-

descence, cette compensation, par la chaleur du soleil, n'a été que $\frac{4}{\frac{361}{1250}}$; on aura donc

10,024 $\frac{1}{2}$, multipliés par $\frac{4}{\frac{361}{1250}}$ ou $\frac{111\frac{27}{361}}{1250}$

pour la compensation qu'a faite la chaleur de saturne au commencement de cette période, dans le tems de l'incandescence, et $\frac{111\frac{27}{361}}{50}$ pour la compensation que la chaleur de saturne auroit faite à la fin de cette même période, s'il eût conservé son état d'incandescence; mais, comme la chaleur propre de saturne a diminué de 25 à 22 $\frac{19}{61}$ environ pendant cette période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$, la compensation à la fin de cette période, au lieu d'être $\frac{111\frac{27}{361}}{50}$, n'a été que de $\frac{99\frac{1}{25}}{50}$ environ. Ajoutons ces deux termes $\frac{99\frac{1}{25}}{50}$ et $\frac{111\frac{27}{361}}{1250}$ de la compensation du premier et du dernier tems de cette période, on aura $\frac{2587\frac{27}{361}}{1250}$ environ, lesquels, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{325131}{1250}$, ou 26 $\frac{1}{50}$ environ pour la compensation totale qu'a faite la

chaleur de saturne sur son quatrième satellite pendant cette première période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 26$\frac{1}{10}$: : 13,624$\frac{2}{3}$: 14,180$\frac{19}{10}$. Ainsi le tems dont la chaleur de saturne a prolongé le refroidissement de ce satellite a été de 14,180 ans $\frac{19}{10}$ environ pour cette première période, tandis que le prolongement de son refroidissement, par la chaleur du soleil, n'a été que de 1 an $\frac{14}{25}$. Ajoutant à ces deux tems celui de la période, on voit que ce seroit dans l'année 27,807 dé la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 47,025 ans, que ce quatrième satellite auroit joui de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Le moment où la chaleur envoyée par saturne à ce quatrième satellite a été égale à sa chaleur propre, s'est trouvé au 11 $\frac{1}{4}$, terme environ de cette première période, qui, multiplié par 545, nombre des années de chaque terme de cette période, donne 6,131 ans $\frac{1}{4}$; en sorte que ç'a été dans l'année 6,132 de la formation des planètes, que la chaleur envoyée par saturne à son quatrième

satellite s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce satellite.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au dessous de celle que lui envoyoit saturne dans l'année 6,132 de la formation des planètes, et que saturne ayant envoyé à ce satellite une chaleur 10,024 $\frac{1}{2}$ fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore à la fin de la première période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$ une chaleur 8,938 $\frac{19}{21}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur de saturne n'avoit diminué que de 25 à 22 $\frac{19}{61}$ pendant cette première période. Et au bout d'une seconde période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$, après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre, saturne envoyoit encore à ce satellite une chaleur 7,853 $\frac{1}{21}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de saturne n'avoit encore diminué que de 22 $\frac{19}{61}$ à 20 $\frac{48}{61}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de 2 $\frac{46}{61}$ par chaque période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$, diminue par conséquent sur son satellite de 1,085 $\frac{18}{21}$ pendant chacune de ces périodes; en sorte qu'après

quatre périodes environ, cette chaleur envoyée par saturne à son quatrième satellite, sera encore 4,500 fois plus grande que la chaleur qu'il reçoit du soleil.

Mais, comme cette chaleur du soleil sur saturne et sur ses satellites est à celle du soleil sur la terre : : 1 : 90 à très-peu près, et que la chaleur de la terre est 60 fois plus grande que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'il faut diviser par 90 cette quantité de chaleur 4,500 pour avoir une chaleur égale à celle que le soleil envoie sur la terre. Et cette dernière chaleur étant $\frac{1}{10}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre, il est évident qu'au bout de quatre périodes de 13,624 ans $\frac{2}{3}$ chacune, c'est-à-dire, au bout de 54,498 ans $\frac{2}{3}$, la chaleur que saturne a envoyée à son quatrième satellite étoit égale à la chaleur actuelle de la terre; et que ce satellite, n'ayant plus aucune chaleur propre depuis long-tems, n'a pas laissé de jouir alors d'une température égale à celle dont jouit aujourd'hui la terre.

Et, comme cette chaleur envoyée par saturne a considérablement prolongé le refroidissement de ce satellite au point de la température actuelle de la terre, il le prolongera de même pendant quatre autres

périodes,

périodes, pour arriver au point extrême de $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle du globe terrestre; en sorte que ce ne sera que dans l'année 108,997 de la formation des planètes, que ce quatrième satellite de saturne sera refroidi à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Il en est de même de l'estimation de la chaleur du soleil, relativement à la compensation qu'elle a faite à la diminution de la température du satellite dans les différens tems. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation, dans le tems de l'incandescence, que de $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, et qu'à la fin de la première période, qui est de 13,624 ans $\frac{2}{3}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, et que dès-lors le prolongement du refroidissement, par l'accession de cette chaleur du soleil, auroit en effet été de 1 an 204 jours; mais la chaleur envoyée par saturne, dans le tems de l'incandescence, étant à la chaleur propre du satellite : : 111 $\frac{27}{361}$: 1,250, il s'ensuit

que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison ; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{1361\frac{27}{361}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la raison de $99\frac{1}{5}$ à 50, parce que la chaleur envoyée par saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{149\frac{1}{5}}$. En ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{1361\frac{27}{361}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{149\frac{1}{5}}$ du premier et du dernier tems de cette première période, on a $\frac{\frac{6014\frac{1}{14}}{361}}{203072\frac{4}{11}}$ ou $\frac{16\frac{238}{361}}{203072\frac{4}{11}}$, qui, multipliés par

$12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{208\frac{7}{10}}{203072\frac{4}{11}}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette première période ; et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 :: \frac{208\frac{7}{10}}{203072\frac{4}{11}} :: 13{,}624\frac{2}{3} : \frac{2837109\frac{1}{3}}{5076809}$, ou :: 13,624 ans $\frac{2}{3}$ :: 204 jours environ. Ainsi, le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, au lieu d'avoir été de 1 an 204 jours, n'a réellement été que de 204 jours.

Et pour évaluer en totalité la compensation qu'a faite la chaleur du soleil pendant toutes ces périodes, on trouvera que la compensation, dans le têms de l'incandescence, ayant été $\frac{\frac{4}{361}}{1361\frac{27}{361}}$, sera à la fin de quatre périodes $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, puisque ce n'est qu'après ces quatre périodes que la température de ce satellite sera égale à la température actuelle de la terre. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{4}{361}}{1361\frac{27}{361}}$

et $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ du premier et du dernier tems de ces quatre périodes, on a $\frac{\frac{5644\frac{3}{11}}{361}}{68053\frac{4}{9}}$ ou $\frac{15\frac{229}{361}}{68053\frac{4}{9}}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{195\frac{5}{6}}{68053\frac{4}{9}}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant les quatre périodes de 13,624 ans $\frac{2}{3}$ chacune. Et comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation en même raison que le tems total de ces périodes est à celui du prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{195\frac{5}{6}}{68053\frac{4}{9}} ::$ 54,498 ans $\frac{2}{3}$: 6 ans 87 jours. Ainsi, le prolongement total que fera la chaleur du soleil sur ce satellite, ne sera que de 6 ans 87 jours, qu'il faut ajouter aux 54,498 ans $\frac{2}{3}$; d'où l'on voit que c'a été dans l'année 54,505 de la formation des planètes, que ce satellite a joui de la même température dont jouit aujourd'hui la terre, et qu'il faudra le double de ce tems, c'est-à-dire, que ce ne sera que dans l'année 109,010 de la formation des planètes, que sa température sera

refroidie à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Enfin, faisant le même raisonnement pour le cinquième satellite de saturne, que nous supposerons encore grand comme la terre, on verra qu'il auroit dû se consolider jusqu'au centre en 534 ans $\frac{13}{21}$, se refroidir au point d'en toucher la surface, sans se brûler, en 6,239 ans $\frac{9}{16}$, et au point de la température actuelle de la terre en 13,624 ans $\frac{2}{3}$; et l'on trouvera de même que le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, n'a été que de 1 an 204 jours pour la première période de 13,624 ans

Mais la chaleur de saturne qui, dans le tems de l'incandescence, étoit 25 fois plus grande que la chaleur actuelle de la terre, n'avoit encore diminué, au bout de cette période de 13,624 $\frac{2}{3}$, que de 25 à 22 $\frac{19}{65}$. Et, comme ce satellite est à 808 mille lieues de saturne, et à 313 millions 500 mille lieues de distance du soleil, la chaleur envoyée par saturne, dans le tems de l'incandescence, à ce satellite, auroit été en raison du carré de 313,500,000 au carré de 808,000, si la surface que présente saturne à son cinquième satellite étoit égale à la surface que

lui présente le soleil; mais la surface de saturne n'étant, dans le réel, que $\frac{90\frac{1}{4}}{11449}$ de celle du soleil, paroît néanmoins plus grande à ce satellite que celle de cet astre dans la raison inverse du carré des distances. Ainsi, l'on aura $(808{,}000)^2 : (313{,}500{,}000)^2 :: \frac{90\frac{1}{4}}{11449} : 1{,}186\frac{2}{3}$. Donc la surface que saturne présente à ce satellite, est $1{,}186\frac{2}{3}$ fois plus grande que celle que lui présente le soleil. Mais nous avons vu que la compensation faite par la chaleur du soleil, à la perte de la chaleur propre de ce satellite, n'étoit que $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, lorsqu'au bout de 13,624 ans $\frac{2}{3}$ il se seroit refroidi, comme la terre, au point de la température actuelle, et que, dans le tems de l'incandescence, la compensation, par la chaleur du soleil, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$; on aura donc $1{,}186\frac{2}{3}$, multipliés par $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ ou $\frac{13\frac{53}{361}}{1250}$ pour la compensation dans le tems de l'incandescence, et $\frac{13\frac{53}{361}}{50}$ pour la

compensation à la fin de cette première période, si saturne eût conservé son état d'incandescence; mais, comme sa chaleur propre a diminué de 25 à 23 $\frac{19}{61}$ pendant cette période de 13,624 $\frac{2}{3}$, la compensation à la fin de la période, au lieu d'être $\frac{13\frac{53}{361}}{50}$, n'a été que de $\frac{11\frac{37}{50}}{50}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{11\frac{37}{50}}{50}$ et $\frac{13\frac{53}{361}}{1250}$ du premier et du dernier tems de cette période, on aura $\frac{306\frac{4}{5}\frac{17}{62}}{1250}$, lesquels, étant multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{3832\frac{16}{41}}{1250}$ ou 3 $\frac{82\frac{1}{5}}{1250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de saturne pendant cette première période. Et, comme la perte de la chaleur propre est à la compensation en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 3 $\frac{82\frac{1}{5}}{1250}$: : 13,624 $\frac{2}{3}$: 1,670 $\frac{43}{50}$. Ainsi, le tems dont la chaleur de saturne a prolongé le refroidissement de ce satellite pendant cette première période de 13,624 $\frac{2}{3}$, a été de 1,670 ans $\frac{43}{50}$, tandis que le

prolongement du refroidissement, par la chaleur du soleil, n'a été que de 1 an 204 jours. Ajoutant ces deux tems du prolongement du refroidissement au tems de la période, qui est de 13,624 ans $\frac{2}{3}$, on aura 15,297 ans 30 jours environ; d'où l'on voit que ce seroit dans l'année 15,298 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 59,534 ans, que ce cinquième satellite auroit joui de la même température dont jouit aujourd'hui la terre.

Dans le commencement de la seconde période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$, la chaleur de saturne a fait compensation de $\frac{11\frac{37}{50}}{50}$, et auroit fait, à la fin de cette même période, une compensation de $\frac{293\frac{1}{2}}{50}$, si saturne eût conservé son même état de chaleur : mais, comme sa chaleur propre a diminué pendant cette seconde période de $\frac{19}{61}$ à 20 $\frac{48}{61}$, cette compensation, au lieu d'être $\frac{293\frac{1}{2}}{50}$, n'est que de $\frac{273\frac{3}{89}}{50}$ environ. Ajoutant ces deux termes $\frac{11\frac{37}{50}}{50}$ et $\frac{273\frac{3}{89}}{50}$ du premier et du dernier tems de cette seconde période, on aura $\frac{284\frac{3}{4}}{50}$ à

très-peu près, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{3119}{10}$ ou 71 $\frac{9}{10}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur de saturne pendant cette seconde période. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : 71 $\frac{9}{10}$: : 13,624 $\frac{2}{3}$: 38,792 $\frac{19}{100}$. Ainsi, le prolongement du tems pour le refroidissement de ce satellite, par la chaleur de saturne, ayant été de 1,670 ans $\frac{41}{50}$ pour la première période, a été de 38,792 ans $\frac{19}{100}$ pour la seconde.

Le moment où la chaleur envoyée par saturne s'est trouvée égale à la chaleur propre de ce satellite, est au 4 $\frac{11}{18}$ terme à très-peu près de l'écoulement du tems dans cette seconde période, qui, multiplié par 543, nombre des années de chaque terme de ces periodes, donne 2,320 ans 346 jours, lesquels, étant ajoutés aux 13,624 ans 243 jours de la première période, donnent 15,945 ans 224 jours. Ainsi, ça été dans l'année 15,946 de la formation des planètes, que la chaleur envoyée par saturne à ce satellite, s'est trouvée égale à sa chaleur propre.

Dès-lors on voit que la chaleur propre de ce satellite a été au dessous de celle que lui envoyoit saturne dans l'année 15,946 de la formation des planètes, et que saturne ayant envoyé à ce satellite, dans le tems de l'incandescence, une chaleur 1,186 $\frac{2}{3}$ fois plus grande que celle du soleil, il lui envoyoit encore, à la fin de la première période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$, une chaleur 1,058 $\frac{21}{75}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur de saturne n'avoit diminué que de 25 à 22 $\frac{19}{65}$ pendant cette première période; et au bout d'une seconde période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$, après la déperdition de la chaleur propre de ce satellite, jusqu'à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre, saturne envoyoit encore à ce satellite une chaleur 929 $\frac{13}{15}$ fois plus grande que celle du soleil, parce que la chaleur propre de saturne n'avoit encore diminué que de 22 $\frac{19}{65}$ à 20 $\frac{40}{65}$.

En suivant la même marche, on voit que la chaleur de saturne, qui d'abord étoit 25, et qui décroît constamment de 2 $\frac{46}{65}$ par chaque période de 13,624 ans $\frac{2}{3}$, diminue par conséquent, sur ce satellite, de 128 $\frac{19}{75}$ pendant chacune de ces périodes.

Mais, comme cette chaleur du soleil sur saturne et sur ses satellites est à celle du

soleil sur la terre : : 1 : 90 à très-peu près, et que la chaleur de la terre est 50 fois plus grande que celle qu'il reçoit du soleil, il s'ensuit que jamais saturne n'a envoyé à ce satellite une chaleur égale à celle du globe de la terre, puisque dans le tems même de l'incandescence, cette chaleur envoyée par saturne, n'étoit que 1,186 $\frac{2}{3}$ fois plus grande que celle du soleil sur saturne, c'est-à-dire, $\frac{1186\frac{2}{3}}{90}$ ou 13 $\frac{17}{90}$ fois plus grande que celle de la chaleur du soleil sur la terre; ce qui ne fait que $\frac{13\frac{17}{90}}{50}$ de la chaleur actuelle du globe de la terre; c'est par cette raison qu'on doit s'en tenir à l'évaluation telle que nous l'avons faite ci-dessus dans la première et la seconde période du refroidissement de ce satellite.

Mais l'évaluation de la compensation faite par la chaleur du soleil, doit être faite comme celle des autres satellites, parce qu'elle dépend encore beaucoup de celle que la chaleur de saturne a faite sur ce même satellite dans les différens tems. Il est certain qu'à ne considérer que la déperdition de la chaleur propre du satellite, cette chaleur du soleil n'auroit fait compensation, dans le

tems de l'incandescence, que de $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$ et qu'à la fin de cette même période de 13,624 ans $\frac{1}{3}$, cette même chaleur du soleil auroit fait une compensation de $\frac{\frac{4}{361}}{50}$; et que dès-lors le prolongement du refroidissement par l'accession de cette chaleur du soleil, auroit en effet été de 1 an 204 jours, mais la chaleur envoyée par saturne dans le tems de l'incandescence, étant à la chaleur propre du satellite : : 13 $\frac{13}{361}$: 1,250, il s'ensuit que la compensation faite par la chaleur du soleil doit être diminuée dans la même raison; en sorte qu'au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{1250}$, elle n'a été que de $\frac{\frac{4}{361}}{1263\frac{13}{361}}$ au commencement de cette période, et que cette compensation qui auroit été $\frac{\frac{4}{361}}{50}$ à la fin de cette première période, si l'on ne considéroit que la déperdition de la chaleur propre du satellite, doit être diminuée dans la même raison de 11 $\frac{37}{50}$ à 50,

parce que la chaleur envoyée par saturne étoit encore plus grande que la chaleur propre du satellite dans cette même raison. Dès-lors la compensation à la fin de cette première période, au lieu d'être $\frac{\frac{4}{361}}{50}$, n'a été que $\frac{\frac{4}{361}}{61\frac{17}{18}}$; en ajoutant ces deux termes de compensation $\frac{\frac{4}{361}}{1263\frac{11}{361}}$ et $\frac{\frac{4}{361}}{61\frac{17}{18}}$ du premier et du dernier tems de cette première période, on a $\frac{\frac{5299\frac{6}{11}}{361}}{77987}$ ou $\frac{14\frac{2}{3}}{77987}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{183\frac{1}{3}}{77987}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant cette première période. Et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura $25 : \frac{183\frac{1}{3}}{77987} : : 13,624\frac{2}{3} : 1$ an 186 jours. Ainsi le prolongement du refroidissement de ce satellite, par la chaleur du soleil, au lieu d'avoir été de 1 an

204 jours, n'a réellement été que de 1 an 186 jours pendant la première période.

Dans la seconde période, la compensation étant au commencement $\frac{\frac{4}{361}}{61\frac{17}{30}}$, sera à la fin de cette même période $\frac{\frac{100}{361}}{60\frac{1}{3}}$, parce que la chaleur envoyée par saturne pendant cette seconde période, a diminué dans cette même raison. Ajoutant ces deux termes $\frac{\frac{4}{361}}{61\frac{17}{30}}$ et $\frac{\frac{100}{361}}{60\frac{1}{3}}$, on a $\frac{\frac{6415\frac{2}{3}}{361}}{3715}$, qui, multipliés par $12\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes, donnent $\frac{\frac{80196}{361}}{3715}$ ou $\frac{222\frac{14}{361}}{3715}$ pour la compensation totale qu'a pu faire la chaleur du soleil pendant cette seconde période. Et, comme la diminution totale de la chaleur est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est au prolongement du refroidissement, on aura 25 : $\frac{222\frac{14}{361}}{3715}$ :: 13,624 $\frac{2}{3}$: 32 ans 214 jours. Ainsi, le prolongement total que fera la chaleur du soleil, sera de 32 ans 214 jours pendant

cette seconde période ; ajoutant donc ces deux tems, 1 an 186 jours et 32 ans 214 jours du prolongement du refroidissement, par la chaleur du soleil, pendant la première et la seconde période, aux 1,670 ans 313 jours du prolongement, par la chaleur de saturne, pendant la première période, et aux 38,792 ans 69 jours du prolongement, par cette même chaleur de saturne pour la seconde période, on a pour le prolongement total 40,497 ans 52 jours, qui étant joints aux 27,249 ans 121 jours des deux périodes, font en tout 67,746 ans 173 jours ; d'où l'on voit que ç'a été dans l'année 67,747 de la formation des planètes, c'est-à-dire, il y a 7,085 ans que ce cinquième satellite de saturne a été refroidi au point de $\frac{1}{25}$ de la température actuelle de la terre.

Voici donc, d'après nos hypothèses, l'ordre dans lequel la terre, les planètes et leurs satellites se sont refroidis ou se refroidiront au point de la chaleur actuelle du globe terrestre, et ensuite au point d'une chaleur 25 fois plus petite que cette chaleur actuelle de la terre.

Refroidis à la température actuelle.				Refroidis à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle.	
			ans.		ans.
La Terre		en	74,832	En	168,123
La Lune		en	16,409	En	72,514
Mercure		en	54,192	En	187,765
Vénus		en	91,643	En	228,540
Mars		en	28,538	En	60,326
Jupiter		en	240,451	En	483,121
Satellites de Jupiter.	Le 1er	en	222,203	En	444,406
	Le 2e	en	193,090	En	386,180
	Le 3e	en	176,212	En	352,424
	Le 4e	en	70,296	En	140,542
Saturne		en	130,821	En	262,020
Anneau de Saturne.		en	126,473	En	252,496
Satellites de Saturne.	Le 1er	en	124,490	En	248,980
	Le 2e	en	119,607	En	239,214
	Le 3e	en	111,580	En	223,160
	Le 4e	en	54,505	En	109,010
	Le 5e	en	15,298	En	67,747

Et à l'égard de la consolidation de la terre, des planètes et de leurs satellites, et de leur refroidissement respectif, jusqu'au moment où leur chaleur propre auroit permis de les toucher sans se brûler, c'est-à-dire, sans ressentir de la douleur, nous avons trouvé, qu'abstraction faite de toute compensation, et ne faisant attention qu'à la déperdition de leur chaleur propre, les rapports

rapports de leur consolidation jusqu'au centre, et de leur refroidissement au point de pouvoir les toucher sans se brûler, sont dans l'ordre suivant :

	CONSOLIDÉS JUSQU'AU CENTRE.	REFROIDIS A POUVOIR LES TOUCHER.
	ans.	ans.
La Terre	en 2,905	En 33,911
La Lune	en 556	En 6,492
Mercure	en 1,976 $\frac{3}{10}$	En 25,054
Vénus	en 3,484 $\frac{22}{25}$	En 40,674
Mars	en 1,102 $\frac{18}{25}$	En 12,873
Jupiter	en 9,331	En 108,922
Satellites de Jupiter. Le 1.	en 231 $\frac{43}{125}$	En 2,690 $\frac{2}{5}$
Le 2.	en 282 $\frac{713}{1000}$	En 3,300 $\frac{67}{100}$
Le 3.	en 435 $\frac{11}{200}$	En 5,149 $\frac{11}{200}$
Le 4.	en 848 $\frac{1}{4}$	En 9,902
Saturne	en 5,078	En 59,276
An. de Saturne .	en 18 $\frac{17}{25}$	En 217 $\frac{787}{1000}$
Satellites de Saturne. Le 1.	en 145 $\frac{3}{4}$	En 1,701 $\frac{13}{79}$
Le 2.	en 178 $\frac{3}{25}$	En 2,079 $\frac{35}{62}$
Le 3.	en 277 $\frac{19}{20}$	En 3,424 $\frac{20}{31}$
Le 4.	en 534 $\frac{3}{25}$	En 6,239 $\frac{9}{16}$
Le 5.	en 534 $\frac{13}{25}$	En 8,239 $\frac{9}{16}$

Ces rapports, quoique moins précis que ceux du refroidissement à la température actuelle, le sont néanmoins assez pour notre objet ; et c'est par cette raison que je n'ai pas cru devoir prendre la même peine pour

faire l'évaluation de toutes les compensations que la chaleur du soleil, aussi bien que celle de la lune et celle des satellites de jupiter et de saturne, ont pu faire à la perte de la chaleur propre de chaque planète, pour le tems nécessaire à leur consolidation jusqu'au centre. Comme ces tems ont précédé celui de l'établissement de la nature vivante, et que les prolongemens produits par les compensations dont nous venons de parler, ne sont pas d'un très-grand nombre d'années, cela devient indifférent aux vues que je me propose; et je me contenterai d'établir, par une simple règle de proportion, les rapports de ces prolongemens pour les tems nécessaires à la consolidation des planètes, et à leur refroidissement jusqu'au point de pouvoir les toucher; par exemple, on trouvera le tems de la consolidation de la terre jusqu'au centre, en disant, la période de 74,047 ans du tems nécessaire pour son refroidissement à la température actuelle (abstraction faite de toute compensation), est à la période de 2,905, tems nécessaire à la consolidation jusqu'au centre (abstraction faite aussi de toute compensation), comme la période 74,832 de son refroidissement à la température actuelle, toute compensation

évaluée, est à 2,936 ans, tems réel de sa consolidation, toute compensation aussi comprise : et de même on dira, la période 74,047 du tems nécessaire pour le refroidissement de la terre à la température actuelle (abstraction faite de toute compensation), est à la période de 33,911 ans, tems nécessaire à son refroidissement au point de pouvoir la toucher (abstraction faite aussi de toute compensation), comme la période 74,832 de son refroidissement à la température actuelle, toute compensation évaluée, est à 34,270 ans $\frac{1}{2}$, tems réel de son refroidissement jusqu'au point de pouvoir la toucher, toute compensation évaluée.

On aura donc, dans la table suivante, l'ordre de ces rapports, que je joins à ceux indiqués ci-devant, pour le refroidissement à la température actuelle, et à $\frac{1}{25}$ de cette température.

CONSOLIDÉS jusqu'au CENTRE.	REFROIDIS à pouvoir les toucher.	REFROIDIS à la température actuelle.	REFROIDIS à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle.
ans.	LA TERRE.		ans.
En 2,936	En 34,270$\frac{2}{7}$ a.	En 74,832 a.	En 168,123
	LA LUNE.		
En 644	En 7,515 a.	En 16,409 a.	En 72,514
	MERCURE.		
En 2,127	En 24,813 a.	En 54,192 a.	En 187,765
	VÉNUS.		
En 3,596	En 41,969 a.	En 91,643 a.	En 228,540
	MARS.		
En 1,130	En 13,034 a.	En 28,538 a.	En 60,326
	JUPITER.		
En 9,433	En 110,118 a.	En 240,451 a.	En 483,121
	Ier SATELLITE.		
En 8,886	En 101,376 a.	En 222,203 a.	En 444,406
	2e SATELLITE.		
En 7,496	En 87,500 a.	En 193,090 a.	En 386,180
	3e SATELLITE.		
En 6,821	En 80,700 a.	En 176,212 a.	En 352,424
	4e. SATELLITE.		
En 2,758	En 32,194 a.	En 70,296 a.	En 140,542
	SATURNE.		
En 5,140	En 59,911 a.	En 130,821 a.	En 262,020
	ANNEAU DE SATURNE.		
En 6,558	En 76,512 a.	En 126,473 a.	En 252,946
	Ier SATELLITE.		
En 4,891	En 57,011 a.	En 124,490 a.	En 248,980
	2e SATELLITE.		
En 4,688	En 54,774 a.	En 119,607 a.	En 239,214
	3e SATELLITE.		
En 4,533	En 51,108 a.	En 111,580 a.	En 223,160
	4e SATELLITE.		
En 2,138	En 24,962 a.	En 54,505 a.	En 109,010
	5e SATELLITE.		
En 600	En 7,003 a.	En 15,298 a.	En 67,747

Il ne manque à cette table, pour lui donner toute l'exactitude qu'elle peut comporter, que le rapport des densités des satellites à la densité de leur planète principale, que nous n'y avons pas fait entrer, à l'exception de la lune, où cet élément est employé. Or, ne connoissant pas le rapport réel de la densité des satellites de jupiter et des satellites de saturne à leurs planètes principales, et ne connoissant que le rapport de la densité de la lune à la terre, nous nous fonderons sur cette analogie, et nous supposerons en conséquence que le rapport de la densité de jupiter, ainsi que le rapport de la densité de saturne, sont les mêmes que celui de la densité de la terre à la densité de la lune, qui est son satellite, c'est-à-dire, :: 1,000 : 702 ; car il est très-naturel d'imaginer, d'après cet exemple que la lune nous offre, que cette différence entre la densité de la terre et de la lune vient de ce que ce sont les parties les plus légères du globe terrestre qui s'en sont séparées, dans le tems de la liquéfaction, pour former la lune ; la vîtesse de la rotation de la terre, étant de 9,000 lieues en 23 heures 56 minutes, ou de 6 $\frac{1}{4}$ lieues par minute, étoit suffisante pour projeter un torrent de la matière liquide la

moins dense, qui s'est rassemblée par l'attraction mutuelle de ses parties à 85,000 lieues de distance, et y a formé le globe de la lune, dans un plan parallèle à celui de l'équateur de la terre. Les satellites de jupiter et de saturne, ainsi que son anneau, sont aussi dans un plan parallèle à leur équateur, et ont été formés de même par la force centrifuge encore plus grande dans ces grosses planètes que dans le globe terrestre, puisque leur vîtesse de rotation est beaucoup plus grande. Et de la même manière que la lune est moins dense que la terre, dans la raison de 702 à 1,000, on peut présumer que les satellites de jupiter et ceux de saturne sont moins denses que ces planètes, dans cette même raison de 702 à 1,000. Il faut donc corriger, dans la table précédente, tous les articles des satellites d'après ce rapport, et alors elle se présentera dans l'ordre suivant :

Table plus exacte des tems du refroidissement des planètes et de leurs satellites.

CONSOLIDÉS jusqu'au CENTRE.	REFROIDIS à pouvoir les toucher.	REFROIDIS à la température actuelle.	REFROIDIS à $\frac{1}{25}$ de la température actuelle.
ans.			ans.
	LA TERRE.		
En 2,936	En 34,270 $\frac{1}{2}$ a.	En 74,832 a.	En 168,123
	LA LUNE.		
En 644	En 7,515 a.	En 16,409 a.	En 72,514
	MERCURE.		
En 2,127	En 24,813 a.	En 54,192 a.	En 187,765
	VÉNUS.		
En 3,596	En 41,969 a.	En 91,643.	En 228,540
	MARS.		
En 1,130	En 13,034 a.	En 28,538 a.	En 60,326
	JUPITER.		
En 9,433	En 110,118 a.	En 240,451 a.	En 483,121
	SATELLITES DE JUPITER.		
1. en 6,238	En 71,166 a.	En 155,986 a.	En 311,973
2. en 5,262	En 61,425 a.	En 135,549 a.	En 271,098
3. en 4,788	En 56,651 $\frac{2}{5}$ a.	En 123,700 $\frac{5}{6}$ a.	En 247,401 $\frac{4}{5}$
4. en 1,936	En 22,600 $\frac{1}{5}$ a.	En 49,348 a.	En 98,696
	SATURNE.		
En 5,140	En 59,911 a.	En 130,821 a.	En 262,020
	ANNEAU DE SATURNE.		
En 4,604	En 53,711 a.	En 88,784 a.	En 177,568
	SATELLITES DE SATURNE.		
1. en 3,433	En 40,021 $\frac{9}{25}$ a.	En 87,392 a.	En 174,784
2. en 3,291	En 38,451 $\frac{1}{3}$ a.	En 83,964 a.	En 167,928
3. en 3,182	En 35,878 a.	En 78,329 a.	En 156,658
4. en 1,502	En 17,523 $\frac{1}{3}$ a.	En 38,262 $\frac{1}{2}$ a.	En 76,525
5. en 421 [illegible]	En 4,916 a.	En 10,739 a.	En 47,558

En jetant un coup d'œil de comparaison sur cette table, qui contient le résultat de nos recherches et de nos hypothèses, on voit :

1°. Que le cinquième satellite de saturne a été la première terre habitable, et que la nature vivante n'y a duré que depuis l'année 4,916 jusqu'à l'année 47,558 de la formation des planètes; en sorte qu'il y a long-tems que cette planète secondaire est trop froide pour qu'il puisse y subsister des êtres organisés semblables à ceux que nous connoissons.

2°. Que la lune a été la seconde terre habitable, puisque son refroidissement, au point de pouvoir en toucher la surface, s'est fait en 7,515 ans; et son refroidissement à la température actuelle s'étant fait en 16,409 ans, il s'ensuit qu'elle a joui d'une chaleur convenable à la nature vivante, peu d'années après les 7,515 ans depuis la formation des planètes, et que par conséquent la nature organisée a pu y être établie dès ce tems, et que depuis cette année 7,515 jusqu'à l'année 72,514, la température de la lune s'est refroidie jusqu'à $\frac{1}{25}$ de la chaleur actuelle de la terre; en sorte que les êtres organisés n'ont pu y subsister que pendant

60,000 ans tout au plus; et enfin qu'aujourd'hui, c'est-à-dire, depuis 2,318 ans environ, cette planète est trop froide pour être peuplée de plantes et d'animaux.

3°. Que mars a été la troisième terre habitable, puisque son refroidissement, au point de pouvoir en toucher la surface, s'est fait en 13,034 ans; et son refroidissement à la température actuelle s'étant fait en 28,538 ans, il s'ensuit qu'il a joui d'une chaleur convenable à la nature vivante peu d'années après les 13,034 ans, et que par conséquent la nature organisée a pu y être établie dès ce tems de la formation des planètes, et que depuis cette année 13,034 jusqu'à l'année 60,326, la température s'est trouvée convenable à la nature des êtres organisés, qui par conséquent ont pu y subsister pendant 47,292 ans; mais qu'aujourd'hui cette planète est trop refroidie pour être peuplée, depuis plus de 14,000 ans.

4°. Que le quatrième satellite de saturne a été la quatrième terre habitable, et que la nature vivante y a duré depuis l'année 17,523, et durera tout au plus jusqu'à l'année 76,526 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant actuellement, c'est-à-dire, en 74,832, beaucoup

plus froide que la terre, les êtres organisés ne peuvent y subsister que dans un état de langueur, ou même n'y subsistent plus.

5°. Que le quatrième satellite de jupiter a été la cinquième terre habitable, et que la nature vivante y a duré depuis l'année 22,600, et y durera jusqu'à l'année 98,696 de la formation des planètes ; en sorte que cette planète secondaire est actuellement plus froide que la terre, mais pas assez néanmoins pour que les êtres organisés ne puissent encore y subsister.

6°. Que mercure a été la sixième terre habitable, puisque son refroidissement, au point de pouvoir le toucher, s'est fait en 24,813 ans, et son refroidissement à la température actuelle en 54,192 ans ; il s'ensuit donc qu'il a joui d'une chaleur convenable à la nature vivante peu d'années après les 24,813 ans, et que par conséquent la nature organisée a pu y être établie dès ce tems, et que depuis cette année 24,813 de la formation des planètes, jusqu'à l'année 187,765, sa température s'est trouvée et se trouvera convenable à la nature des êtres organisés, qui par conséquent ont pu et pourront encore y subsister pendant 162,952 ans ; en sorte qu'aujourd'hui cette planète

peut être peuplée de tous les animaux et de toutes les plantes qui couvrent la surface de la terre.

7°. Que le globe terrestre a été la septième terre habitable, puisque son refroidissement, au point de pouvoir le toucher, s'est fait en 34,770 ans $\frac{1}{2}$; et son refroidissement à la température actuelle s'étant fait en 74,832 ans, il s'ensuit qu'il a joui d'une chaleur convenable à la nature vivante peu d'années après les 34,770 ans $\frac{1}{2}$, et que par conséquent la nature, telle que nous la connoissons, a pu y être établie dès ce tems, c'est-à-dire, il y a 40,062 ans, et pourra encore y subsister jusqu'en l'année 168,123, c'est-à-dire, pendant 93,291 ans, à dater de ce jour.

8°. Que le troisième satellite de saturne a été la huitième terre habitable, et que la nature vivante y a duré depuis l'année 55,878, et y durera jusqu'à l'année 156,658 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant actuellement un peu plus chaude que la terre, la nature organisée y est dans sa vigueur, et telle qu'elle étoit sur la terre il y a trois ou quatre mille ans.

9°. Que le second satellite de saturne a été la neuvième terre habitable, et que la

nature vivante y a duré depuis l'année 58,451, et y durera jusqu'à l'année 167,928 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant actuellement plus chaude que la terre, la nature organisée y est dans sa pleine vigueur, et telle qu'elle étoit sur le globe terrestre il y a huit ou neuf mille ans.

10°. Que le premier satellite de saturne a été la dixième terre habitable, et que la nature vivante y a duré depuis l'année 40,020, et y durera jusqu'à l'année 174,784 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant actuellement considérablement plus chaude que le globe terrestre, la nature organisée y est dans sa première vigueur, et telle qu'elle étoit sur la terre il y a douze à treize mille ans.

11°. Que vénus a été la onzième terre habitable, puisque son refroidissement, au point de pouvoir la toucher, s'est fait en 41,969 ans; et son refroidissement à la température actuelle s'étant fait en 91,643 ans, il s'ensuit qu'elle jouit actuellement d'une chaleur plus grande que celle dont nous jouissons, et à peu près semblable à celle dont jouissoient nos ancêtres il y a six ou sept mille ans et que depuis cette année

41,969 ou quelque tems après, la nature organisée a pu y être établie, et que jusqu'à l'année 228,540, elle pourra y subsister; en sorte que la durée de la nature vivante, dans cette planète, a été et sera de 186,571 ans:

12°. Que l'anneau de saturne a été la douzième terre habitable, et que la nature vivante y est établie depuis l'année 53,711, et y durera jusqu'à l'année 177,568 de la formation des planètes; en sorte que cet anneau étant beaucoup plus chaud que le globe terrestre, la nature organisée y est dans sa première vigueur, telle qu'elle étoit sur la terre il y a 13 à 14,000 ans.

13°. Que le troisième satellite de jupiter a été la treizième terre habitable, et que la nature vivante y est établie depuis l'année 56,651, et y durera jusqu'en l'année 247,401 de la formation des planètes; en sorte que cette planète secondaire étant de beaucoup plus chaude que la terre, la nature organisée ne fait que commencer à s'y établir.

14°. Que saturne a été la quatorzième terre habitable, puisque son refroidissement, au point de pouvoir le toucher, s'est fait en 59,911 ans, et son refroidissement à la température actuelle devant se faire en 130,821

ans, il s'ensuit que la nature vivante a pu y être établie peu de tems après cette année 59,911 de la formation des planètes, et que par conséquent elle y a subsisté et pourroit y subsister encore jusqu'en l'année 262,020; en sorte que la nature vivante y est actuellement dans sa première vigueur, et pourra durer dans cette grosse planète pendant 262,020 ans.

15°. Que le second satellite de jupiter a été la quinzième terre habitable, et que la nature vivante y est établie depuis l'année 61,425, c'est-à-dire, depuis 13,407 ans, et qu'elle y durera jusqu'à l'année 271,098 de la formation des planètes.

16°. Que le premier satellite de jupiter a été la seizième terre habitable, et que la nature vivante y est établie depuis l'année 71,166, c'est-à-dire, depuis 3,666 ans, et qu'elle y durera jusqu'en l'année 311,973 de la formation des planètes.

17°. Enfin que jupiter est le dernier des globes planétaires, sur lequel la nature vivante pourra s'établir. Nous devons donc conclure, d'après ce résultat général de nos recherches, que des dix-sept corps planétaires, il y en a en effet trois, savoir, le cinquième satellite de saturne, la lune et

mars, où notre nature seroit gelée; un seul, savoir, jupiter, où la nature vivante n'a pu s'établir jusqu'à ce jour, par la raison de la trop grande chaleur encore subsistante dans cette grosse planète; mais que dans les treize autres, savoir, le quatrième satellite de saturne, le quatrième satellite de jupiter, mercure, le globe terrestre, le troisième, le second et le premier satellite de saturne, vénus, l'anneau de saturne, le troisième satellite de jupiter, saturne, le second et le premier satellite de jupiter, la chaleur, quoique de dégrés très-différens, peut néanmoins convenir actuellement à l'existence des êtres organisés; et on peut croire que tous ces vastes corps sont, comme le globe terrestre, couverts de plantes, et même peuplés d'êtres sensibles, à peu près semblables aux animaux de la terre. Nous démontrerons ailleurs, par un grand nombre d'observations rapprochées, que, dans tous les lieux où la température est la même, on trouve non seulement les mêmes espèces de plantes, les mêmes espèces d'insectes, les mêmes espèces de reptiles, sans les y avoir portées, mais aussi les mêmes espèces de poissons, les mêmes espèces de quadrupèdes, les mêmes espèces d'oiseaux,

sans qu'ils y soient allés; et je remarquerai, en passant, qu'on s'est souvent trompé en attribuant à la migration et au long voyage des oiseaux les espèces de l'Europe qu'on trouve en Amérique ou dans l'orient de l'Asie, tandis que ces oiseaux d'Amérique et d'Asie, tout à fait semblables à ceux de l'Europe, sont nés dans leur pays, et ne viennent pas plus chez nous que les nôtres ne vont chez eux. La même température nourrit, produit par-tout les mêmes êtres; mais, cette vérité générale sera démontrée plus en détail dans quelques-uns des articles suivans.

On pourra remarquer, 1° que l'anneau de saturne a été presque aussi long-tems à se refroidir aux points de la consolidation et du refroidissement à pouvoir le toucher, que saturne même; ce qui ne paroît pas vrai ni vraisemblable, puisque cet anneau est fort mince, et que saturne est d'une épaisseur prodigieuse en comparaison; mais il faut faire attention d'abord à l'immense quantité de chaleur que cette grosse planète envoyoit dans les commencemens à son anneau, et qui, dans le tems de l'incandescence, étoit plus grande que celle de cet anneau, quoiqu'il fût aussi lui-même dans cet état d'incandescence, et que par consé-

quent

quent le tems nécessaire à sa consolidation a dû être prolongé de beaucoup par cette première cause.

2°. Que, quoique saturne fût lui-même consolidé jusqu'au centre en 5,140 ans, il n'a cessé d'être rouge et très-brûlant que plusieurs siècles après, et que par conséquent il a encore envoyé dans les siècles postérieurs à sa consolidation, une quantité prodigieuse de chaleur à son anneau; ce qui a dû prolonger son refroidissement dans la proportion que nous avons établie. Seulement il faut convenir que les périodes du refroidissement de saturne au point de la consolidation et du refroidissement à pouvoir le toucher, sont trop courtes, parce que nous n'avons pas fait l'estimation de la chaleur que son anneau et ses satellites lui ont envoyée, et que cette quantité de chaleur que nous n'avons pas estimée, ne laisse pas d'être considérable; car l'anneau, comme très-grand et très-voisin, envoyoit à saturne dans le commencement, non seulement une partie de sa chaleur propre, mais encore il lui réfléchissoit une grande portion de celle qu'il en recevoit; en sorte que je crois qu'on pourroit, sans se tromper, augmenter d'un

quart le tems de la consolidation de saturne, c'est-à-dire, assigner 6,857 ans pour sa consolidation jusqu'au centre; et de même augmenter d'un quart les 59,911 ans que nous avons indiqués pour son refroidissement au point de le toucher; ce qui donne 79,881 ans; en sorte que ces deux termes peuvent être substitués dans la table générale aux deux premiers.

Il est de même très-incertain que le tems du refroidissement de saturne au point de la température actuelle de la terre, qui est de 130,821 ans, doit, par les mêmes raisons, être augmenté, non pas d'un quart, mais peut-être d'un huitième, et que cette période, au lieu d'être de 130,821 ans, pourroit être de 147,173 ans.

On doit aussi augmenter un peu les périodes du refroidissement de jupiter, parce que ses satellites lui ont envoyé une portion de leur chaleur propre, et en même tems une partie de celle que jupiter leur envoyoit; en estimant un dixième le prolongement que cette addition de chaleur a pu faire aux trois premières périodes du refroidissement de jupiter, il ne se sera consolidé jusqu'au centre qu'en 10,376 ans, et ne se refroidira, au point de pouvoir le toucher, qu'en 121,129

ans, et au point de la température actuelle de la terre en 264,506 ans.

Je n'admets qu'un assez petit nombre d'années entre le point où l'on peut commencer à toucher, sans se brûler, les différens globes, et celui où la chaleur cesse d'être offensante pour les êtres sensibles; car j'ai fait cette estimation d'après les expériences très-souvent réitérées dans mon second mémoire, par lesquelles j'ai reconnu qu'entre le point auquel on peut, pendant une demi-seconde, tenir un globe sans se brûler, et le point où on peut le manier long-tems, et où sa chaleur nous affecte d'une manière douce et convenable à notre nature, il n'y a qu'un intervalle assez court; en sorte, par exemple, que s'il faut 20 minutes pour refroidir un globe au point de pouvoir le toucher sans se brûler, il ne faut qu'une minute de plus, pour qu'on puisse le manier avec plaisir. Dès-lors, en augmentant d'un vingtième les tems nécessaires au refroidissement des globes planétaires, au point de pouvoir les toucher; on aura plus précisément les tems de la naissance de la nature dans chacun, et ces tems seront dans l'ordre suivant:

Date de la formation des planètes. 74,832 ans.			
Commencement, Fin et Durée de l'existence de la Nature organisée. *dans chaque* Planète.			
Commencement de la formation des planètes.	Fin de la formation des planètes.	Durée absolue.	Durée à dater de ce jour.
ans.	ans.	ans.	ans.
V. Satell. de Sat. 5,161	47,558	42,389	0
La Lune.... 7,890	72,514	64,624	0
Mars.... 13,685	60,326	56,641	0
IV. Satel, de Sat. 18,399	76,525	58,126	1,693
IV. Satel. de Jup. 23,730	98,696	74,966	23,864
Mercure. 26,053	187,765	161,712	112,933
La Terre.... 35,983	168,123	132,140	93,291
III. Satel. de Sat. 37,672	156,658	118,986	81,826
II. Satel. de Sat. 40,373	167,928	127,655	93,096
I. Satel. de Sat. 42,021	174,784	132,763	99,952
Vénus... 44,067	228,540	184,473	153,708
An. de Sat... 56,396	177,568	121,172	102,736
III. Sat. de Jup... 59,483	247,401	187,918	172,569
Saturne.. 62,906	262,020	199,114	187,188
II. Satel. de Jup. 64,496	274,098	206,602	196,266
I. Satel. de Jup. 74,724	311,973	237,249	237,141
Jupiter. 115,623	483,121	367,498	

D'après ce dernier tableau, qui approche le plus de la vérité, on voit :

1°. Que la nature organisée, telle que nous la connoissons, n'est point encore née dans jupiter, dont la chaleur est trop grande

encore aujourd'hui pour pouvoir en toucher la surface ; et que ce ne sera que dans 40,791 ans que les vivans pourroient y subsister, mais qu'ensuite s'ils y étoient établis, ils dureroient 367,498 ans dans cette grosse planète.

2°. Que la nature vivante, telle que nous la connoissons, est éteinte dans le cinquième satellite de saturne depuis 27,274 ans ; dans mars depuis 14,506 ans, et dans la lune depuis 2,318 ans.

3°. Que la nature est prête à s'éteindre dans le quatrième satellite de saturne, puisqu'il n'y a plus que 1,693 ans pour arriver au point extrême de la plus petite chaleur nécessaire au maintien des êtres organisés.

4°. Que la nature vivante est foible dans le quatrième satellite de jupiter, quoiqu'elle puisse y subsister encore pendant 23,864 ans.

5°. Que la planète de mercure, sur la terre, sur le troisième, sur le second et sur le premier satellite de saturne, sur la planète de vénus, sur l'anneau de saturne, sur le troisième satellite de jupiter, sur la planète de saturne, sur le second et sur le premier satellite de jupiter, la nature vivante est actuellement en pleine existence

et que par conséquent tous ces corps planétaires peuvent être peuplés comme le globe terrestre.

Voilà mon résultat général et le but auquel je me proposois d'atteindre. On jugera par la peine que m'ont donnée ces recherches (1), et par le grand nombre d'expériences préliminaires qu'elles exigeoient, combien je dois être persuadé de la probabilité de mon hypothèse sur la formation des planètes : et pour qu'on ne me croie pas persuadé sans raison, et même sans de très-

(1) Les calculs que supposoient ces recherches, sont plus longs que difficiles, mais assez délicats pour qu'on puisse se tromper. Je ne me suis pas piqué d'une exactitude rigoureuse, parce qu'elle n'auroit produit que de légères différences, et qu'elle m'auroit pris beaucoup de tems que je pouvois mieux employer. Il m'a suffi que la méthode que j'ai suivie fût exacte, et que mes raisonnemens fussent clairs et conséquens; c'est-là tout ce que j'ai prétendu. Mon hypothèse sur la liquéfaction de la Terre et des Planètes, m'a paru assez fondée pour prendre la peine d'en évaluer les effets, et j'ai cru devoir donner en détail ces évaluations comme je les ai trouvées, afin que, s'il s'est glissé dans ce long travail quelques fautes de calcul ou d'inattention, mes lecteurs soient en état de les corriger eux-mêmes.

fortes raisons, je vais exposer, dans le mémoire suivant, les motifs de ma persuasion, en présentant les faits et les analogies sur lesquels j'ai fondé mes opinions, établi l'ordre de mes raisonnemens, suivi les inductions que l'on en doit déduire, et enfin tiré la conséquence générale de l'existence réelle des êtres organisés et sensibles dans tous les corps du systême solaire, et l'existence plus que probable de ces mêmes êtres dans tous les autres corps qui composent les systêmes des autres soleils, ce qui augmente et multiplie presque à l'infini l'étendue de la nature vivante, et élève en même tems le plus grand de tous les monumens à la gloire du Créateur (1).

---

(1) Ce mémoire, comme toute la Partie hypothétique du systême de l'Univers et de la Théorie de la Terre, a éprouvé des contradictions. Plusieurs physiciens ont travaillé à le réfuter. Il n'entre pas dans mon plan de faire le détail de ces nombreuses réfutations, qui, pour la plupart, en seroient elles-mêmes susceptibles. Je me bornerai à faire mention d'une critique adressée à Buffon, sous le nom de madame L. B. D. V., et avec les lettres mystérieuses qui suivent :

T. E. S. A. V. L. M. O. R.

Cette critique, faite avec les ménagemens et les égards dûs au grand homme, valut au savant ou

à la savante une réponse que je vais rapporter, après avoir fait connoître la lettre qui l'a provoquée. La voici :

Le 10 mars 1776.

« Ayez pitié de mon ignorance, monsieur le comte : vous allez rire de mes observations ; mais enfin, elles me laissent des doutes que je ne puis résoudre. Ils me tourmentent ; et je ne puis être éclairée d'une manière qui me satisfasse, que par vous-même. On ne peut vous honorer, vous respecter, vous aimer plus que je ne fais ; et cela est bien juste, car personne ne m'a fait autant de plaisir, et il n'existe personne à qui je doive autant de reconnoissance. Je vous dois, monsieur le comte, le desir que j'ai acquis de m'instruire ; il est né de la lecture de votre immortel ouvrage. La puissance de votre génie, qui m'élevoit au dessus de moi-même, qui m'entraînoit dans une carrière si peu faite pour moi, m'a donné le courage et la force de la parcourir. J'oserai peut-être vous demander, dans peu, la permission de vous offrir les premiers essais de mes travaux ; mais j'ose bien plus aujourd'hui : j'ose vous proposer, monsieur le comte, non pas des objections, mais quelques difficultés qui m'arrêtent. Ayez compassion de moi, venez au secours de ma foiblesse, soutenez votre ouvrage ; fille de l'aigle, je ne me crois pas un aiglon ; mais daignez me soulever un instant sur vos ailes, pour fixer le père de la lumière. Je vous ai vu planant au dessus de lui, pénétrant sa nature ; mais je vous ai perdu de vue. Vous allez lire ce qui m'arrête : j'invoque votre complaisance et votre bonté. A peine ai-je eu la force d'énoncer mes doutes ; ma timidité

ne m'a pas permis de les développer ; je me suis dit : *Le maître m'entendra, et s'il daigne m'instruire, il résoudra jusqu'aux difficultés que je ne puis encore pressentir.* J'ai l'honneur d'être avec la plus vive reconnoissance et l'estime la plus respectueuse, monsieur le comte. Permettez-moi de garder l'incognito, tout m'en prescrit la loi ».

L'auteur de cette lettre développe fort au long des objections qu'il paroissoit regarder comme très-pressantes. Buffon répondit dans les termes suivans :

« Monsieur ou madame, car vos objections marquent également la force et la finesse de votre esprit ; on pourroit même en déduire une espèce de système différent de ma théorie ; mais permettez-moi de vous observer : 1°. *Que ce n'est point en raison de l'attraction que les corps s'échauffent, et que votre première conséquence ne suit point du tout mes principes.*

» 2°. *Cette attrition est en raison des corps circulans.* (Cela est très-vrai.) *Cette action des corps circulans est en raison directe de leur masse, et inverse de leur distance.* Ceci n'est pas juste ; car l'action des corps circulans qui produit l'attrition, est en raison de leur masse et de leur vîtesse. Deux corps en repos, quelque près qu'ils soient, ne s'échaufferont jamais, mais un corps C, autour duquel circulent avec grande rapidité d'autres corps, doit s'échauffer d'autant plus, que ces corps circulans sont plus nombreux, plus rapides et plus massifs.

» Comme tout le reste de votre écrit, quoique très-ingénieux, porte sur cette conséquence qui n'est pas juste, je crois que ma réponse est suffisante pour

quelqu'un qui me paroît avoir autant de pénétration. A Montbard, ce 18 mars 1776 ». *Signé*, DE BUFFON.

Cette explication ne satisfit pas le monsieur ou la dame. Une seconde lettre, plus longue que la première, et dans laquelle les principes établis par Buffon étoient rapprochés d'objections que l'on croyoit n'être point détruites, fut écrite ; mais elle resta sans réponse. L'auteur la publia, ainsi que la première, dans le Journal de physique du mois de janvier 1777. « J'ai eu recours à mon maître, dit-il dans sa lettre d'envoi à l'abbé Rozier, rédacteur de ce journal ; je n'ai osé lui proposer que quelques-unes des difficultés qui m'arrêtoient ; il a daigné me répondre, mais sa réponse n'a pas suffi pour m'instruire ; j'ai récrit ; ce commerce ne l'a pas assez intéressé pour qu'il s'y soit prêté, etc. »

C'étoit assez, en effet, l'usage de Buffon. Lorsqu'on lui adressoit quelques objections, ou qu'on lui demandoit des explications, il répondoit en peu de mots, en disant néanmoins tout ce qu'il pensoit sur le sujet dont on l'entretenoit ; mais si l'on insistoit, il mettoit fin à un commerce épistolaire, souvent indiscret, et qui lui auroit absorbé une grande partie de son tems, soit en cessant de répondre, soit en répondant d'une manière qui ôtoit aux importuns toute envie de revenir à la charge, ainsi que j'aurai l'occasion d'en citer des exemples. SONNINI.

SECOND MÉMOIRE.

Fondémens des Recherches précédentes sur la température des Planètes.

L'HOMME nouveau n'a pu voir, et l'homme ignorant ne voit encore aujourd'hui la nature et l'étendue de l'univers que par le simple rapport de ses yeux ; la terre est pour lui un solide d'un volume sans bornes, d'une étendue sans limites, dont il ne peut qu'avec peine parcourir de petits espaces superficiels, tandis que le soleil, les planètes et l'immensité des cieux ne lui présentent que des points lumineux, dont le soleil et la lune lui paroissent être les seuls objets dignes de fixer ses regards. A cette fausse idée sur l'étendue de la Nature et sur les proportions de l'univers, s'est bientôt joint le sentiment encore plus disproportionné de la prétention. L'homme, en se comparant aux autres êtres terrestres, s'est trouvé le premier ; dès-lors il a cru que tous étoient faits pour lui ;

que la terre même n'avoit été créée que pour lui servir de domicile, et le ciel de spectacle; qu'enfin l'univers entier devoit se rapporter à ses besoins et même à ses plaisirs. Mais, à mesure qu'il a fait usage de cette lumière divine, qui seule ennoblit son être, à mesure que l'homme s'est instruit, il a été forcé de rabattre de plus en plus de ses prétentions; il s'est vu rapetisser en même raison que l'univers s'agrandissoit, et il lui est aujourd'hui bien évidemment démontré que cette terre qui fait tout son domaine, et sur laquelle il ne peut malheureusement subsister sans querelle et sans trouble, est à proportion toute aussi petite pour l'univers que lui-même l'est pour le Créateur. En effet, il n'est plus possible de douter que cette même terre, si grande et si vaste pour nous, ne soit une assez médiocre planète, une petite masse de matière qui circule avec les autres autour du soleil; que cet astre de lumière et de feu ne soit plus de douze cents mille fois plus gros que le globe de la terre, et que sa puissance ne s'étende à tous les corps qu'il fléchit autour de lui; en sorte que notre globe en étant éloigné de trente-trois

millions de lieues au moins, la planète de saturne se trouve à plus de trois cents treize millions des mêmes lieues, d'où l'on ne peut s'empêcher de conclure que l'étendue de l'empire du soleil, ce roi de la Nature, ne soit une sphère dont le diamètre est de six cents vingt-sept millions de lieues, tandis que celui de la terre n'est que de deux mille huit cents soixante-cinq : et, si l'on prend le cube de ces deux nombres, on se démontrera que la terre est plus petite, relativement à cet espace, qu'un grain de sable ne l'est relativement au volume entier du globe.

Néanmoins la planète de saturne, quoique la plus éloignée du soleil, n'est pas encore à beaucoup près sur les confins de son empire. Les limites en sont beaucoup plus reculées, puisque les comètes parcourent au delà de cette distance des espaces encore plus grands que l'on peut estimer par la période du tems de leurs révolutions. Une comète qui, comme celle de l'année 1680, circule autour du soleil en 575 ans, s'éloigne de cet astre 15 fois plus que saturne n'en est distant; car le grand axe de son orbite est de 138 fois plus grand que la

distance de la terre au soleil. Dès-lors on doit augmenter encore l'étendue de la puissance solaire de 15 fois la distance du soleil à saturne; en sorte que tout l'espace dans lequel sont comprises les planètes, n'est qu'une petite province du domaine de cet astre, dont les bornes doivent être posées au moins à 138 fois la distance du soleil à la terre, c'est-à-dire, à 138 fois 33 ou 34 millions de lieues.

Quelle immensité d'espace! et quelle quantité de matière! car, indépendamment des planètes, il existe probablement quatre ou cinq cents comètes, peut-être plus grosses que la terre, qui parcourent en tout sens les différentes régions de cette vaste sphère, dont le globe terrestre ne fait qu'un point, une unité sur 191,201,612,985,514,272,000, quantité que ces nombres représentent, mais que l'imagination ne peut atteindre ni saisir. N'en voilà-t-il pas assez pour nous rendre, nous, les nôtres, et notre grand domicile, plus petits que des atomes?

Cependant cette énorme étendue, cette sphère si vaste n'est encore qu'un très-petit espace dans l'immensité des cieux; chaque étoile fixe est un soleil, un centre d'une

sphère tout aussi vaste; et comme on en compte plus de deux mille qu'on aperçoit à la vue simple, et qu'avec les lunettes on en découvre un nombre d'autant plus grand que ces instrumens sont plus puissans, l'étendue de l'univers entier paroît être sans bornes, et le système solaire ne fait plus qu'une province de l'empire universel du Créateur, empire infini comme lui.

Sirius, étoile fixe la plus brillante, et que par cette raison nous pouvons regarder comme le soleil le plus voisin du nôtre, ne donnant à nos yeux qu'une seconde de parallaxe annuelle sur le diamètre entier de l'orbe de la terre, est à 6,771,770 millions de lieues de distance de nous, c'est-à-dire, à 6,767,216 millions des limites du système solaire, telles que nous les avons assignées d'après la profondeur à laquelle s'enfoncent les comètes, dont la période est la plus longue. Supposant donc qu'il ait été départi à sirius un espace égal à celui qui appartient à notre soleil, on voit qu'il faut encore reculer les limites de notre système solaire de 742 fois plus qu'il ne l'est déjà jusqu'à l'aphélie de la comète, dont l'énorme distance au soleil n'est néanmoins qu'une

unité sur 742 du demi-diamètre total de la sphère entière du systême solaire (1).

---

(1) Distance de la terre au soleil .... 33 millions de lieues.

Distance de saturne au soleil	313 millions.
Distance de l'aphélie de la comète au soleil.	4,554 millions.
Distance de sirius au soleil	6,771,770 millions.
Distance de sirius au point de l'aphélie de la comète, en supposant qu'en remontant du soleil, la comète ait pointé directement vers sirius, (supposition qui diminue la distance autant qu'il est possible)	6,767,216 millions.
Moitié de la distance de sirius au soleil, ou profondeur du systême solaire et du systême sirien.	3,385,885 millions.
Etendue au delà des limites de l'aphélie des comètes	3,381,331 millions.
Ce qui, étant divisé par la distance de l'aphélie de la comète, donne	742 $\frac{1}{2}$ environ.

On peut encore, d'une autre manière, se former un

Ainsi.

Ainsi, quand même il existeroit des comètes dont la période de révolution seroit double, triple, et même décuple de la période de 575 ans, la plus longue qui nous soit connue; quand les comètes en conséquence pourroient s'enfoncer à une profondeur dix fois plus grande, il y auroit encore un espace 74 ou 75 fois plus profond pour arriver aux derniers confins, tant du

idée de cette distance immense de sirius à nous, en se rappelant que le disque du soleil forme à nos yeux un angle de 32 minutes, tandis que celui de sirius n'en fait pas un d'une seconde; et sirius étant un soleil comme le nôtre, que nous supposerons d'une égale grandeur, puisqu'il n'y a pas plus de raison de le supposer plus grand que plus petit, il nous paroîtroit aussi grand que le soleil, s'il n'étoit qu'à la même distance. Prenant donc deux nombres proportionnels au carré de 32 minutes et au carré d'une seconde, on aura 3,686,400 pour la distance de la terre à sirius, et 1 pour sa distance au soleil; et, comme cette unité vaut 33 millions de lieues, on voit à combien de milliards de lieues sirius est loin de nous, puisqu'il faut multiplier ces 33 millions par 3,686,400; et si nous divisons l'espace entre ces deux soleils voisins, quoique si fort éloignés, nous verrons que les comètes pourroient s'éloigner à une distance 1,800 mille fois plus grande que celle de la terre au soleil, sans sortir des limites de l'univers solaire, et sans subir par conséquent d'autres lois que celles de

système solaire que du système sirien; en sorte qu'en donnant à sirius autant de grandeur et de puissance qu'en a notre soleil, et supposant dans son système autant ou plus de corps cométaires qu'il n'existe de comètes dans le système solaire, sirius les régira comme le soleil régit les siens, et il restera de même un intervalle immense

---

notre soleil; et de-là on peut conclure que le système solaire a pour diamètre une étendue qui, quoique prodigieuse, ne fait néanmoins qu'une très-petite portion des cieux, et l'on en doit inférer une vérité peu connue; c'est que de tous les points de l'univers planétaire, c'est-à-dire, que du soleil, de la terre et de toutes les autres planètes, le ciel doit paroître le même.

Lorsque, dans une belle nuit, l'on considère tous ces feux dont brille la voûte céleste, on imagineroit qu'en se transportant dans une autre planète plus éloignée du soleil que ne l'est la terre, on verroit ces astres étincelans grandir et répandre une lumière plus vive, puisqu'on les verroit de plus près. Néanmoins l'espèce de calcul que nous venons de faire, démontre que quand nous serions placés dans saturne, c'est-à-dire, neuf ou dix fois plus loin de notre soleil, et 300 millions de lieues plus près de sirius, il ne nous paroîtroit plus gros que d'une 194,021[e] partie, augmentation qui seroit absolument insensible: d'où l'on doit conclure que le ciel a, pour toutes les planètes, le même aspect que pour la terre.

entre les confins des deux empires ; intervalle qui ne paroît être qu'un désert dans l'espace, et qui doit faire soupçonner qu'il existe des corps cométaires dont les périodes sont plus longues, et qui parviennent à une beaucoup plus grande distance que nous ne pouvons le déterminer par nos connoissances actuelles. Il se pourroit aussi que sirius fût un soleil beaucoup plus grand et plus puissant que le nôtre; et si cela étoit, il faudroit reculer d'autant les bornes de son domaine en les rapprochant de nous, et rétrécir en même raison la circonférence de celui du soleil.

On ne peut s'empêcher de présumer en effet, que dans ce très-grand nombre d'étoiles fixes, qui toutes sont autant de soleils, il n'y en ait de plus grands et de plus petits que le nôtre; d'autres plus ou moins lumineux ; quelques-uns plus voisins, qui nous sont représentés par ces astres que les astronomes appellent *étoiles de la première grandeur*, et beaucoup d'autres plus éloignés qui, par cette raison, nous paroissent plus petits; les étoiles qu'ils appellent *nébuleuses*, semblent manquer de lumière et de feu, et n'être, pour ainsi dire, allumées qu'à demi ; celles qui paroissent et disparoissent alter-

nativement, sont peut-être d'une forme aplatie par la violence de la force centrifuge dans leur mouvement de rotation ; on voit ces soleils lorsqu'ils montrent leur grande face ; et ils disparoissent toutes les fois qu'ils se présentent de côté. Il y a dans ce grand ordre de choses et dans la nature des astres, les mêmes variétés, les mêmes différences en nombre, grandeur, espace, mouvement, forme et durée, les mêmes rapports, les mêmes dégrés, les mêmes nuances qui se trouvent dans tous les autres ordres de la création.

Chacun de ces soleils étant doué comme le nôtre, et comme toute matière l'est, d'une puissance attractive, qui s'étend à une distance indéfinie, et décroît comme l'espace augmente, l'analogie nous conduit à croire qu'il existe dans la sphère de chacun de ces astres lumineux un grand nombre de corps opaques, planètes ou comètes qui circulent autour d'eux, mais que nous n'apercevrons jamais que par l'œil de l'esprit, puisque, étant obscurs et beaucoup plus petits que les soleils qui leur servent de foyer, ils sont hors de la portée de notre vue, et même de tous les arts qui peuvent l'étendre ou la perfectionner.

On pourroit donc imaginer qu'il passe quelquefois des comètes d'un systême dans l'autre, et que, s'il s'en trouve sur les confins des deux empires, elles seront saisies par la puissance prépondérante, et forcées d'obéir aux lois d'un nouveau maître. Mais, par l'immensité de l'espace qui se trouve au-delà de l'aphélie de nos comètes, il paroît que le souverain ordonnateur a séparé chaque systême par des déserts mille et mille fois plus vastes que toute l'étendue des espaces fréquentés. Ces déserts, dont les nombres peuvent à peine sonder la profondeur, sont les barrières éternelles, invincibles, que toutes les forces de la nature créée ne peuvent franchir ni surmonter. Il faudroit, pour qu'il y eût communication d'un systême à l'autre, et pour que les sujets d'un empire pussent passer dans un autre, que le siège du trône ne fût pas immobile; car l'étoile fixe ou plutôt le soleil, le roi de ce systême, changeant de lieu, entraîneroit à sa suite tous les corps qui dépendent de lui, et pourroit dès-lors s'approcher et même s'emparer du domaine d'un autre. Si sa marche se trouvoit dirigée vers un astre plus foible, il commenceroit par lui enlever les sujets de ses provinces les plus éloignées,

ensuite ceux des provinces intérieures; il les forceroit tous à augmenter son cortège, en circulant autour de lui, et son voisin, dès-lors dénué de ses sujets, n'ayant plus ni planètes ni comètes, perdroit en même tems sa lumière et son feu que leur mouvement seul peut exciter et entretenir; dès-lors cet astre isolé, n'étant plus maintenu dans sa place par l'équilibre des forces, seroit contraint de changer de lieu en changeant de nature, et, devenu corps obscur, obéiroit comme les autres à la puissance du conquérant, dont le feu augmenteroit à proportion du nombre de ses conquêtes.

Car que peut-on dire sur la nature du soleil, sinon que c'est un corps d'un prodigieux volume, une masse énorme de matière pénétrée de feu, qui paroît subsister sans aliment comme dans un métal fondu, ou dans un corps solide en incandescence? Et d'où peut venir cet état constant d'incandescence, cette production toujours renouvelée d'un feu dont la consommation ne paroît entretenue par aucun aliment, et dont la déperdition est nulle ou du moins insensible, quoique constante depuis un si grand nombre de siècles? Y a-t-il, peut-il même y avoir une autre cause de la production et du

maintien de ce feu permanent, sinon le mouvement rapide de la forte pression de tous les corps qui circulent autour de ce foyer commun, qui l'échauffent et l'embrâsent, comme une roüe rapidement tournée embrâse son essieu? La pression qu'ils exercent en vertu de leur pesanteur, équivaut au frottement, et même est plus puissante, parce que cette pression est une force pénétrante, qui frotte non seulement la surface extérieure, mais toutes les parties intérieures de la masse; la rapidité de leur mouvement est si grande que le frottement acquiert une force presque infinie, et met nécessairement toute la masse de l'essieu dans un état d'incandescence, de lumière, de chaleur et de feu, qui dès-lors n'a pas besoin d'aliment pour être entretenu, et qui, malgré la déperdition qui s'en fait chaque jour par l'émission de la lumière, peut durer des siècles de siècles sans atténuation sensible, les autres soleils rendant au nôtre autant de lumière qu'il leur en envoie, et le plus petit atome de feu ou d'une matière quelconque ne pouvant se perdre nulle part, dans un systême où tout s'attire.

Si de cette esquisse du grand tableau des cieux, que je n'ai tâché de tracer que pour

me représenter la proportion des espaces et celle du mouvement des corps qui les parcourent; si de ce point de vue auquel je ne me suis élevé que pour voir plus clairement combien la Nature doit être multipliée dans les différentes régions de l'univers, nous descendons à cette portion de l'espace qui nous est mieux connue, et dans laquelle le soleil exerce sa puissance, nous reconnoîtrons que, quoiqu'il régisse par sa force tous les corps qui s'y trouvent, il n'a pas néanmoins la puissance de les vivifier, ni même celle d'y entretenir la végétation et la vie.

Mercure qui, de tous les corps circulans autour du soleil, en est le plus voisin, n'en reçoit néanmoins qu'une chaleur $\frac{50}{8}$ fois plus grande que celle que la terre en reçoit, et cette chaleur $\frac{50}{8}$ fois plus grande que la chaleur envoyée du soleil à la terre, bien loin d'être brûlante comme on l'a toujours cru, ne seroit pas assez grande pour maintenir la pleine vigueur de la nature vivante, car la chaleur actuelle du soleil sur la terre n'étant que $\frac{1}{50}$ de celle de la chaleur propre du globe terrestre, celle du soleil sur mercure est par conséquent $\frac{50}{400}$ ou $\frac{1}{8}$ de la chaleur actuelle de la terre. Or, si l'on dimi-

nuoit des trois quarts et demi la chaleur qui fait aujourd'hui la température de la terre, il est sûr que la nature vivante seroit au moins bien engourdie, supposé qu'elle ne fût pas éteinte. Et puisque le feu du soleil ne peut pas seul maintenir la nature organisée dans la planète la plus voisine, combien à plus forte raison ne s'en faut-il pas qu'il puisse vivifier celles qui en sont plus éloignées ? Il n'envoie à vénus qu'une chaleur $\frac{50}{2\frac{1}{10}}$ fois plus grande que celle qu'il envoie à la terre, et cette chaleur $\frac{50}{2\frac{1}{10}}$ fois plus grande que celle du soleil sur la terre, bien loin d'être assez forte pour maintenir la nature vivante, ne suffiroit certainement pas pour entretenir la liquidité des eaux, ni peut-être même la fluidité de l'air, puisque notre température actuelle se trouveroit refroidie à $\frac{2}{49}$ ou à $\frac{2}{24\frac{1}{2}}$; ce qui est tout près du terme $\frac{1}{25}$, que nous avons donné comme la limite extrême de la plus petite chaleur, relativement à la nature vivante. Et à l'égard de mars, de jupiter, de saturne et de tous leurs satellites, la quantité de chaleur que le soleil leur envoie est si petite en comparaison de celle

qui est nécessaire au maintien de la nature, qu'on pourroit la regarder comme de nul effet, sur-tout dans les deux plus grosses planètes, qui néanmoins paroissent être les objets essentiels du systême solaire.

Toutes les planètes, sans même en excepter mercure, seroient donc et auroient toujours été des volumes aussi grands qu'inutiles, d'une matière plus que brute, profondément gelée, et par conséquent des lieux inhabités de tous les tems, inhabitables à jamais, si elles ne renfermoient pas au dedans d'elles-mêmes des trésors d'un feu bien supérieur à celui qu'elles reçoivent du soleil. Cette quantité de chaleur que notre globe possède en propre, et qui est 50 fois plus grande que la chaleur qui lui vient du soleil, est en effet le trésor de la Nature, le vrai fonds du feu qui nous anime, ainsi que tous les êtres; c'est cette chaleur intérieure de la terre qui fait tout germer, tout éclore; c'est elle qui constitue l'élément du feu, proprement dit, élément qui seul donne le mouvement aux autres élémens, et qui, s'il étoit réduit à $\frac{1}{50}$, ne pourroit vaincre leur résistance, et tomberoit lui-même dans l'inertie; or cet élément, le seul actif, le seul qui puisse rendre l'air fluide, l'eau liquide

et la terre pénétrable, n'auroit-il été donné qu'au seul globe terrestre? L'analogie nous permet-elle de douter que les autres planètes ne contiennent de même une quantité de chaleur qui leur appartient en propre, et qui doit les rendre capables de recevoir et de maintenir la nature vivante? N'est-il pas plus grand, plus digne de l'idée que nous devons avoir du Créateur, de penser que par-tout il existe des êtres qui peuvent le connoître et célébrer sa gloire, que de dépeupler l'univers, à l'exception de la terre, et de le dépouiller de tous êtres sensibles, en le réduisant à une profonde solitude, où l'on ne trouveroit que le désert de l'espace, et les épouvantables masses d'une matière entièrement inanimée?

Il est donc nécessaire, puisque la chaleur du soleil est si petite sur la terre et sur les autres planètes, que toutes possèdent une chaleur qui leur appartient en propre, et nous devons rechercher d'où provient cette chaleur, qui seule peut constituer l'élément du feu dans chacune des planètes. Or où pourrons-nous puiser cette grande quantité de chaleur, si ce n'est dans la source même de toute chaleur, dans le soleil seul, de la matière duquel les planètes ayant été for-

mées et projetées par une seule et même impulsion, auront toutes conservé leur mouvement dans le même sens, et leur chaleur à proportion de leur grosseur et de leur densité? Quiconque pèsera la valeur de ces analogies, et sentira la force de leurs rapports, ne pourra guère douter que les planètes ne soient issues et sorties du soleil par le choc d'une comète, parce qu'il n'y a dans le système solaire que les comètes qui soient des corps assez puissans et en assez grand mouvement pour pouvoir communiquer une pareille impulsion aux masses de matière qui composent les planètes. Si l'on réunit à tous les faits sur lesquels j'ai fondé cette hypothèse (1), le nouveau fait de la chaleur propre de la terre et de l'insuffisance de celle du soleil pour maintenir la nature, on demeurera persuadé, comme je le suis, que, dans le tems de leur formation, les planètes et la terre étoient dans un état de liquéfaction, ensuite dans un état d'incandescence, et ensuite dans un état successif de chaleur, toujours décroissante

---

(1) Voyez, dans le premier volume de cet Ouvrage, l'article qui a pour titre : *De la formation des Planètes.*

depuis l'incandescence jusqu'à la température actuelle.

Car y a-t-il moyen de concevoir autrement l'origine et la durée de cette chaleur propre de la terre? Comment imaginer que le feu qu'on appelle *central*, pût subsister en effet au fond du globe sans air, c'est-à-dire, sans son premier aliment? et d'où viendroit ce feu qu'on suppose renfermé dans le centre du globe? quelle source, quelle origine pourra-t-on lui trouver? Descartes avoit déjà pensé que la terre et les planètes n'étoient que de petits soleils encroûtés, c'est-à-dire, éteints. Léibnitz n'a pas hésité à prononcer que le globe terrestre devoit sa forme et la consistance de ses matières à l'élément du feu; et néanmoins ces deux grands philosophes n'avoient pas, à beaucoup près, autant de faits, autant d'observations qu'on en a rassemblés et acquis de nos jours; ces faits sont actuellement en si grand nombre et si bien constatés, qu'il me paroît plus que probable que la terre, ainsi que les planètes, ont été projetées hors du soleil, et par conséquent composées de la même matière, qui, d'abord étant en liquéfaction, a obéi à la force centrifuge en même tems qu'elle se rassembloit par

celle de l'attraction; ce qui a donné à toutes les planètes la forme renflée sous l'équateur, et aplatie sous les poles, en raison de la vîtesse de leur rotation; qu'ensuite ce grand feu s'étant peu à peu dissipé, l'état d'une température bénigne et convenable à la nature organisée a succédé ou plus tôt ou plus tard dans les différentes planètes, suivant la différence de leur épaisseur et de leur densité. Et quand même il y auroit, pour la terre et pour les planètes, d'autres causes particulières de chaleur qui se combineroient avec celles dont nous avons calculé les effets, nos résultats n'en sont pas moins curieux, et n'en seront que plus utiles à l'avancement des sciences. Nous parlerons ailleurs de ces causes particulières de chaleur; tout ce que nous en pouvons dire ici, pour ne pas compliquer les objets, c'est que ces causes particulières pourront prolonger encore le tems du refroidissement du globe et la durée de la nature vivante, au-delà des termes que nous avons indiqués.

Mais, me dira-t-on, votre théorie est-elle également bien fondée dans tous les points qui lui servent de base? Il est vrai, d'après vos expériences, qu'un globe gros comme la terre et composé des mêmes matières,

ne pourroit se refroidir, depuis l'incandescence à la température actuelle, qu'en 74,000 ans, et que, pour l'échauffer jusqu'à l'incandescence, il faudroit la quinzième partie de ce tems, c'est-à-dire, environ 5,000 ans, et encore faudroit-il que ce globe fût environné pendant tout ce tems du feu le plus violent; dès-lors il y a, comme vous le dites, de fortes présomptions que cette grande chaleur de la terre n'a pu lui être communiquée de loin, et que par conséquent la matière terrestre a fait autrefois partie de la masse du soleil; mais il ne paroît pas également prouvé que la chaleur de cet astre sur la terre, ne soit aujourd'hui que $\frac{1}{50}$ de la chaleur propre du globe. Le témoignage de nos sens semble se refuser à cette opinion que vous donnez comme une vérité constante; et quoiqu'on ne puisse pas douter que la terre n'ait une chaleur propre qui nous est démontrée par sa température toujours égale dans tous les lieux profonds où le froid de l'air ne peut communiquer, en résulte-t-il que cette chaleur, qui ne nous paroît être qu'une température médiocre, soit néanmoins 50 fois plus grande que la chaleur du soleil qui semble nous brûler?

Je puis satisfaire pleinement à ces objec-

tions; mais il faut auparavant réfléchir avec moi sur la nature de nos sensations. Une différence très-légère, et souvent imperceptible dans la réalité ou dans la mesure des causes qui nous affectent, en produit une prodigieuse dans leurs effets. Y a-t-il rien de plus voisin du très-grand plaisir que la douleur? et qui peut assigner la distance entre le chatouillement vif qui nous remue délicieusement, et le frottement qui nous blesse; entre le feu qui nous réchauffe et celui qui nous brûle; entre la lumière qui réjouit nos yeux et celle qui les offusque; entre la saveur qui flatte notre goût et celle qui nous déplaît; entre l'odeur dont une petite dose nous affecte agréablement d'abord et bientôt nous donne des nausées? On doit donc cesser d'être étonné qu'une petite augmentation de chaleur telle que $\frac{1}{10}$ puisse nous paroître si sensible, et que les limites du plus grand chaud de l'été au plus grand froid de l'hyver, soient entre 7 et 8, comme l'a dit M. Amontons, ou même entre 31 et 32, comme M. de Mairan l'a trouvé en prenant tous les résultats des observations faites sur cela pendant 56 années consécutives.

Mais il faut avouer que, si l'on vouloit

juger

juger de la chaleur réelle du globe, d'après les rapports que ce dernier auteur nous a donnés des émanations de la chaleur terrestre aux accessions de la chaleur solaire dans ce climat, il se trouveroit que leur rapport étant à peu près : : 29 : 1 en été, et : : 471 ou même : : 491 en hyver : 1; il se trouveroit, dis-je, en joignant ces deux rapports, que la chaleur solaire ne seroit à la chaleur terrestre que : : $\frac{1}{500}$: 2, ou : : $\frac{1}{250}$: 1. Mais cette estimation seroit fautive, et l'erreur deviendroit d'autant plus grande que les climats seroient plus froids. Il n'y a donc que celui de l'équateur jusqu'aux tropiques, où, la chaleur étant en toutes saisons presque égale, on puisse établir avec fondement la proportion entre la chaleur des émanations de la terre et des accessions de la chaleur solaire. Or, ce rapport dans tout ce vaste climat, où les étés et les hyvers sont presque égaux, est à très-peu près : : 50 : 1. C'est par cette raison que j'ai adopté cette proportion, et que j'en ai fait la base du calcul de mes recherches.

Néanmoins je ne prétends pas assurer affirmativement que la chaleur propre de la terre soit réellement cinquante fois plus grande que celle qui lui vient du soleil;

comme cette chaleur du globe appartient à toute la matière terrestre, dont nous faisons partie, nous n'avons point de mesure que nous puissions en séparer, ni par conséquent d'unité sensible et réelle à laquelle nous puissions la rapporter. Mais, quand même on voudroit que la chaleur solaire fût plus grande ou plus petite que nous ne l'avons supposée relativement à la chaleur terrestre, notre théorie ne changeroit que par la proportion des résultats.

Par exemple, si nous renfermons toute l'étendue de nos sensations du plus grand chaud au plus grand froid dans les limites données par les observations de M. Amontons, c'est-à-dire, entre 7 et 8 ou dans $\frac{1}{8}$, et qu'en même tems nous supposions que la chaleur du soleil peut produire seule cette différence de nos sensations, on aura dès-lors la proportion de 8 à 1 de la chaleur propre du globe terrestre à celle qui lui vient du soleil; et par conséquent la compensation que fait actuellement sur la terre cette chaleur du soleil, seroit de $\frac{1}{8}$, et la compensation qu'elle a faite dans le tems de l'incandescence aura été $\frac{1}{200}$. Ajoutant ces deux termes, on a $\frac{26}{200}$, qui, multipliés par 12 $\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{325}{200}$ ou 1 $\frac{5}{8}$

pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant la période de 74,047 ans du refroidissement de la terre à la température actuelle. Et comme la perte totale de la chaleur propre est à la compensation totale en même raison que le tems de la période est à celui du refroidissement, on aura 25 : 1 $\frac{1}{8}$ :: 74,047 : 4,813 $\frac{1}{25}$; en sorte que le refroidissement du globe de la terre, au lieu de n'avoir été prolongé que de 770 ans, l'auroit été de 4,813 $\frac{1}{25}$ ans : ce qui, joint au prolongement plus long que produiroit aussi la chaleur de la lune dans cette supposition, donneroit plus de 5,000 ans, dont il faudroit encore reculer la date de la formation des planètes.

Si l'on adopte les limites données par M. de Mairan, qui sont de 31 à 32, et qu'on suppose que la chaleur solaire n'est que $\frac{1}{32}$ de celle de la terre, on n'aura que le quart de ce prolongement, c'est-à-dire, environ 1,250 ans, au lieu de 770 que donne la supposition de $\frac{1}{50}$ que nous avons adoptée.

Mais au contraire, si l'on supposoit que la chaleur du soleil n'est que $\frac{11}{250}$ de celle de la terre, comme cela paroît résulter des observations faites au climat de Paris, on auroit pour la compensation, dans le tems

de l'incandescence, $\frac{1}{6250}$, et $\frac{1}{250}$ pour la compensation à la fin de la période de 74,047 ans, du refroidissement du globe terrestre à la température actuelle, et l'on trouveroit $\frac{13}{250}$ pour la compensation totale, faite par la chaleur du soleil pendant cette période; ce qui ne donneroit que 154 ans, c'est-à-dire, le cinquième de 770 ans pour le tems du prolongement du refroidissement. Et de même, si au lieu de $\frac{1}{50}$, nous supposions que la chaleur solaire fût $\frac{1}{10}$ de la chaleur terrestre, nous trouverions que le tems du prolongement seroit cinq fois plus long, c'est-à-dire, de 3,850 ans; en sorte que plus on voudra augmenter la chaleur qui nous vient du soleil, relativement à celle qui émane de la terre, et plus on étendra la durée de la Nature, et l'on reculera le terme de l'antiquité du monde; car en supposant que cette chaleur du soleil sur la terre fût égale à la chaleur propre du globe, on trouveroit que le tems du prolongement seroit de 38,504 ans; ce qui, par conséquent, donneroit à la terre 38 ou 39 mille ans d'ancienneté de plus.

Si l'on jette les yeux sur la table que M. de Mairan a dressée avec grande exactitude, et dans laquelle il donne la proportion

de la chaleur qui nous vient du soleil à celle qui émane de la terre dans tous les climats, on y reconnoîtra d'abord un fait bien avéré; c'est que, dans tous les climats où l'on a fait des observations, les étés sont égaux, tandis que les hyvers sont prodigieusement inégaux : ce savant physicien attribue cette égalité constante de l'intensité de la chaleur pendant l'été dans tous les climats, à la compensation réciproque de la chaleur solaire, et de la chaleur des émanations du feu central : *Ce n'est donc pas ici* (dit-il page 253) *une affaire de choix, de systême ou de convenance, que cette marche alternativement décroissante et croissante des émanations centrales en inverse des étés solaires; c'est le fait même, etc.*, en sorte que, selon lui, les émanations de la chaleur de la terre croissent ou décroissent précisément dans la même raison que l'action de la chaleur du soleil décroît et croît dans les différens climats; et, comme cette proportion d'accroissement et de décroissement entre la chaleur terrestre et la chaleur solaire lui paroît, avec raison, très-étonnante suivant sa théorie, et qu'en même tems il ne peut pas douter du fait, il tâche de l'expliquer, en disant : *Que le globe terrestre étant d'abord*

une pâte molle de terre et d'eau, venant à tourner sur son axe, et continuellement exposé aux rayons du soleil, selon tous les aspects annuels des climats; s'y sera durci vers la surface, et d'autant plus profondément, que ses parties y seront plus exactement exposées. Et si un terrain plus dur, plus compacte, plus épais, et en général plus difficile à pénétrer, devient dans ces mêmes rapports un obstacle d'autant plus grand aux émanations du feu intérieur de la terre, COMME IL EST ÉVIDENT QUE CELA DOIT ARRIVER, *ne voilà-t-il pas dès-lors ces obstacles en raison directe des différentes chaleurs de l'été solaire, et les émanations centrales en inverse de ces mêmes chaleurs? et qu'est-ce alors autre chose que l'inégalité universelle des étés? car, supposant ces obstacles ou ces retranchemens de chaleur faits à l'émanation constante et primitive, exprimés par les valeurs mêmes des étés solaires, c'est-à-dire, dans la plus parfaite et la plus visible de toutes les proportionnalités, l'égalité, il est clair qu'on ne retranche d'un côté à la même grandeur que ce qu'on y ajoute de l'autre, et que par conséquent les sommes ou les étés en seront toujours et par tout les mêmes. Voilà donc* (ajoute-t-il) *cette égalité surprenante des*

étés dans tous les climats de la terre, ramenée à un principe intelligible ; soit que la terre d'abord fluide ait été durcie ensuite par l'action du soleil, du moins vers les dernières couches qui la composent ; soit que Dieu l'ait créée tout d'un coup dans l'état où les causes physiques et les lois du mouvement l'auroient amenée. Il me semble que l'auteur auroit mieux fait de s'en tenir bonnement à cette dernière cause qui dispense de toutes recherches et de toutes spéculations, que de donner une explication qui pèche non seulement dans le principe, mais presque dans tous les points des conséquences qu'on en pourroit tirer.

Car y a-t-il rien de plus indépendant l'un de l'autre que la chaleur qui appartient en propre à la terre, et celle qui lui vient du dehors? Est-il naturel, est-il même raisonnable d'imaginer qu'il existe réellement, dans la Nature, une loi de calcul, par laquelle les émanations de cette chaleur intérieure du globe suivroient exactement l'inverse des accessions de la chaleur du soleil sur la terre? et cela dans une proportion si précise, que l'augmentation des unes compenseroit exactement la diminution des autres. Il ne faut qu'un peu de réflexion pour se convaincre que ce rapport purement idéal

n'est nullement fondé, et que par conséquent le fait très-réel de l'égalité des étés ou de l'égale intensité de chaleur en été, dans tous les climats, ne dérive pas de cette combinaison précaire dont ce physicien fait un principe, mais d'une cause toute différente que nous allons exposer.

Pourquoi dans tous les climats de la terre où l'on a fait des observations suivies avec des thermomètres comparables, se trouve-t-il que les étés (c'est-à-dire l'intensité de la chaleur en été) sont égaux, tandis que les hyvers (c'est-à-dire l'intensité de la chaleur en hyver) sont prodigieusement différens, et d'autant plus inégaux qu'on s'avance plus vers les zones froides? Voilà la question. Le fait est vrai; mais l'explication qu'en donne l'habile physicien que je viens de citer, me paroît plus que gratuite; elle nous renvoie directement aux causes finales qu'il croyoit éviter; car n'est-ce pas nous dire, pour toute explication, que le soleil et la terre ont d'abord été dans un état tel que la chaleur de l'un pouvoit cuire les couches extérieures de l'autre, et les durcir précisément à un tel dégré, que les émanations de la chaleur terrestre trouveroient toujours des obstacles à leur sortie, qui seroient exactement

en proportion des facilités avec lesquelles la chaleur du soleil arrive à chaque climat; et que de cette admirable contexture des couches de la terre, qui permettent plus ou moins l'issue des émanations du feu central, il résulte, sur la surface de la terre, une compensation exacte de la chaleur solaire et de la chaleur terrestre; ce qui néanmoins rendroit les hyvers égaux par-tout aussi bien que les étés; mais que dans la réalité, comme il n'y a que les étés d'égaux dans tous les climats, et que les hyvers y sont au contraire prodigieusement inégaux, il faut bien que ces obstacles, mis à la liberté des émanations centrales, soient encore plus grands qu'on ne vient de les supposer, et qu'ils soient en effet et très-réellement dans la proportion qu'exige l'inégalité des hyvers des différens climats? Or, qui ne voit que ces petites combinaisons ne sont point entrées dans le plan du souverain être, mais seulement dans la tête du physicien, qui, ne pouvant expliquer cette égalité des étés et cette inégalité des hyvers, a eu recours à deux suppositions qui n'ont aucun fondement, et à des combinaisons qui n'ont pu même à ses yeux avoir d'autre mérite que celui de s'accommoder à sa théorie, et de

ramener, comme il le dit, cette égalité *surprenante* des étés à un *principe intelligible*? Mais ce principe, une fois entendu, n'est qu'une combinaison de deux suppositions. qui toutes deux sont de l'ordre de celles qui rendroient possible l'impossible, et dès-lors présenteroient en effet l'absurde comme intelligible.

Tous les physiciens qui se sont occupés de cet objet, conviennent avec moi que le globe terrestre possède en propre une chaleur indépendante de celle qui lui vient du soleil; dès-lors n'est-il pas évident que cette chaleur propre seroit égale sur tous les points de la surface du globe, abstraction faite de celle du soleil, et qu'il n'y auroit d'autre différence à cet égard que celle qui doit résulter du renflement de la terre à l'équateur, et de son aplatissement sous les poles? différence qui, étant en même raison à peu près que les deux diamètres, n'excède pas $\frac{1}{210}$: en sorte que la chaleur propre du sphéroïde terrestre doit être de $\frac{1}{210}$ plus grande sous l'équateur que sous les poles. La déperdition qui s'en est faite et le tems du refroidissement doit donc avoir été plus prompt dans les climats septentrionaux, où l'épaisseur du globe est moins grande que dans les climats du midi

nais cette différence de $\frac{1}{250}$ ne peut pas pro-
uire celle de l'inégalité des émanations cen-
rales, dont le rapport à la chaleur du soleil
n hyver étant : : 50 : 1 dans les climats voi-
ins de l'équateur, se trouve déjà double
u 27e dégré, triple au 35e, quadruple au 40e,
lécuple au 49e, et 35 fois plus grand au 60^e
légré de latitude. Cette cause, qui se présente
a première, contribue au froid des climats
eptentrionaux, mais elle est insuffisante
our l'effet de l'inégalité des hyvers, puisque
et effet seroit 35 fois plus grand que sa
ause au 60e dégré, plus grand encore et
nême excessif dans les climats plus voisins
lu pole, et qu'en même tems il ne seroit
ulle part proportionnel à cette même cause.

D'autre côté, ce seroit sans aucun fon-
lement qu'on voudroit soutenir que, dans
m globe qui a reçu ou qui possède un certain
légré de chaleur, il pourroit y avoir des
arties beaucoup moins chaudes les unes que
es autres. Nous connoissons assez le progrès
le la chaleur et les phénomènes de sa com-
nunication pour être assurés qu'elle se dis-
ribue toujours également, puisqu'en appli-
uant un corps, même froid, sur un corps
haud, celui-ci communiquera nécessaire-
nent à l'autre assez de chaleur pour que tous

deux soient bientôt au même dégré de température. L'on ne doit donc pas supposer qu'il y ait vers le climat des poles des couches de matières moins chaudes, moins perméables à la chaleur que dans les autres climats; car, de quelque nature qu'on les voulût supposer, l'expérience nous démontre qu'en un très-petit tems elles seroient devenues aussi chaudes que les autres.

Les grands froids du nord ne viennent donc pas de ces prétendus obstacles qui s'opposeroit à la sortie de la chaleur, ni de la petite différence que doit produire celle des diamètres du sphéroïde terrestre: et il m'a paru, après y avoir réfléchi, qu'on devoit attribuer l'égalité des étés et la grande inégalité des hyvers à une cause bien plus simple, et qui néanmoins a échappé à tous les physiciens.

Il est certain que, comme la chaleur propre de la terre est beaucoup plus grande que celle qui lui vient du soleil, les étés doivent paroître à très-peu près égaux partout, parce que cette même chaleur du soleil ne fait qu'une petite augmentation au fonds réel de la chaleur propre; et que par conséquent si cette chaleur envoyée du soleil

i'est que $\frac{1}{50}$ de la chaleur propre du globe, e plus ou moins de séjour de cet astre sur 'horizon, sa plus grande ou sa moindre ›bliquité sur le climat, et même son absence otale ne produiroit que $\frac{1}{50}$ de différence sur a température du climat, et que dès-lors es étés doivent paroître, et sont en effet à rès-peu près égaux dans tous les climats de la erre. Mais ce qui fait que les hyvers sont si fort inégaux, c'est que les émanations de cette chaleur intérieure du globe se trouvent en très-grande partie supprimées, dès que le froid et la gelée resserrent et consolident la surface de la terre et des eaux. Comme cette chaleur, qui sort du globe, décroît dans les airs à mesure et en même raison que l'espace augmente, elle a déjà beaucoup perdu à une demi-lieue ou une lieue de hauteur; la seule condensation de l'air par cette cause suffit pour produire des vents froids qui, se rabattant sur la surface de la terre, la resserrent et la gèlent (1). Tant que dure ce

(1) On s'aperçoit de ces vents rabattus toutes les fois qu'il doit geler ou tomber de la neige; le vent, sans même être très-violent, se rabat par les cheminées, et chasse dans la chambre les cendres du foyer; cela ne manque jamais d'arriver, sur-tout pendant la nuit, lorsque le feu est éteint ou couvert.

resserrement de la couche extérieure de la terre, les émanations de la chaleur intérieure sont retenues, et le froid paroît et est en effet très considérablement augmenté par cette suppression d'une partie de cette chaleur; mais, dès que l'air devient plus doux, et que la couche superficielle du globe perd sa rigidité, la chaleur retenue pendant tout le tems de la gelée, sort en plus grande abondance que dans les climats où il ne gèle pas; en sorte que la somme des émanations de la chaleur devient égale et la même par-tout, et c'est par cette raison que les plantes végètent plus vîte, et que les récoltes se font en beaucoup moins de tems dans les pays du nord; c'est par la même raison qu'on y ressent souvent au commencement de l'été des chaleurs insoutenables, etc.

Si l'on vouloit douter de la suppression des émanations de la chaleur intérieure par l'effet de la gelée, il ne faut, pour s'en convaincre, que se rappeler des faits connus de tout le monde. Qu'après une gelée il tombe de la neige, on la verra se fondre sur tous les puits, les aqueducs, les citernes, les ciels des carrières, les voûtes des fosses souterraines ou des galeries des mines, lors même que ces profondeurs, ces puits ou ces

citernes ne contiennent point d'eau. Les émanations de la terre ayant leur libre issue par ces espèces de cheminées, le terrain qui en recouvre le sommet n'est jamais gelé au même dégré que la terre pleine; il permet aux émanations leur cours ordinaire, et leur chaleur suffit pour fondre la neige sur tous ces endroits creux, tandis qu'elle subsiste et demeure sur tout le reste de la surface où la terre n'est point excavée.

Cette suppression des émanations de la chaleur propre de la terre, se fait non seulement par la gelée, mais encore par le simple resserrement de la terre, souvent occasionné par un moindre dégré de froid que celui qui est nécessaire pour en geler la surface. Il y a très-peu de pays où il gèle dans les plaines au-delà du trente-cinquième dégré de latitude, sur-tout dans l'hémisphère boréal; il semble donc que, depuis l'équateur jusqu'au 35e dégré, les émanations de la chaleur terrestre ayant toujours leur libre issue, il ne devroit y avoir presque aucune différence de l'hyver à l'été, puisque cette différence ne pourroit provenir que de deux causes, toutes deux trop petites pour produire un résultat sensible. La première de ces causes est la différence de

l'action solaire; mais, comme cette action elle-même est beaucoup plus petite que celle de la chaleur terrestre, leur différence devient dès-lors si peu considérable, qu'on peut la regarder comme nulle. La seconde cause est l'épaisseur du globe qui, vers le 35ᵉ dégré, est à peu près de $\frac{1}{190}$ moindre qu'à l'équateur; mais cette différence ne peut encore produire qu'un très-petit effet, qui n'est nullement proportionnel à celui que nous indiquent les observations, puisqu'à 35 dégrés, le rapport des émanations de la chaleur terrestre à la chaleur solaire, est en été de 33 à 1, et en hyver de 153 à 1; ce qui donneroit 186 à 2, ou 93 à 1. Ce ne peut donc être qu'au resserrement de la terre, occasionné par le froid ou même au froid produit par les pluies durables qui tombent dans ces climats, qu'on peut attribuer cette différence de l'hyver à l'été; le resserrement de la terre par le froid supprime une partie des émanations de la chaleur intérieure, et le froid, toujours renouvelé par la chûte des pluies, diminue l'intensité de cette même chaleur; ces deux causes produisent donc ensemble la différence de l'hyver à l'été.

D'après cet exposé, il me semble que l'on est maintenant en état d'entendre pourquoi

les

les hyvers semblent être si différens. Ce point de physique générale n'avoit jamais été discuté; personne, avant M. de Mairan, n'avoit même cherché les moyens de l'expliquer, et nous avons démontré précédemment l'insuffisance de l'explication qu'il en donne; la mienne au contraire me paroît si simple et si bien fondée, que je ne doute pas qu'elle ne soit entendue par les bons esprits.

Après avoir prouvé que la chaleur qui nous vient du soleil est fort inférieure à la chaleur propre de notre globe; après avoir exposé, qu'en ne la supposant que de $\frac{1}{50}$, le refroidissement du globe à la température actuelle n'a pu se faire qu'en 74,832 ans; après avoir montré que le tems de ce refroidissement seroit encore plus long, si la chaleur envoyée par le soleil à la terre étoit dans un rapport plus grand, c'est-à-dire, de $\frac{1}{25}$ ou de $\frac{1}{10}$ au lieu de $\frac{1}{50}$, on ne pourra pas nous blâmer d'avoir adopté la proportion qui nous paroît la plus plausible par les raisons physiques, et en même tems la plus convenable, pour ne pas trop étendre et reculer trop loin les tems du commencement de la Nature, que nous avons fixés à 37 ou 38 mille ans, à dater en arrière de ce jour.

J'avoue néanmoins que ce tems, tout considérable qu'il est, ne me paroît pas encore assez grand, assez long pour certains changemens, certaines altérations successives que l'Histoire naturelle nous démontre, et qui semblent avoir exigé une suite de siècles encore plus longue; je serois donc très-porté à croire que, dans le réel, les tems ci-devant indiqués pour la durée de la Nature, doivent être augmentés peut-être du double, si l'on veut se trouver à l'aise pour l'explication de tous les phénomènes. Mais, je le répète, je m'en suis tenu aux moindres termes, et j'ai restreint les limites du tems autant qu'il étoit possible de le faire, sans contredire les faits et les expériences.

On pourra peut-être chicaner ma théorie par une autre objection qu'il est bon de prévenir. On me dira que j'ai supposé, d'après Newton, la chaleur de l'eau bouillante trois fois plus grande que celle du soleil d'été, et la chaleur du fer rouge huit fois plus grande que celle de l'eau bouillante, c'est-à-dire, vingt-quatre ou vingt-cinq fois plus grande que celle de la température actuelle de la terre, et qu'il entre de l'hypothétique dans cette supposition, sur laquelle j'ai néanmoins fondé la seconde base de mes calculs, dont

les résultats seroient sans doute fort différens, si cette chaleur du fer rouge ou du verre en incandescence, au lieu d'être en effet vingt-cinq fois plus grande que la chaleur actuelle du globe, n'étoit, par exemple, que cinq ou six fois aussi grande.

Pour sentir la valeur de cette objection, faisons d'abord le calcul du refroidissement de la terre, dans cette supposition qu'elle n'étoit dans le tems de l'incandescence que cinq fois plus chaude qu'elle l'est aujourd'hui : en supposant, comme dans les autres calculs, que la chaleur solaire n'est que $\frac{1}{50}$ de la chaleur terrestre, cette chaleur solaire qui fait aujourd'hui compensation de $\frac{1}{50}$, n'auroit fait compensation que de $\frac{1}{250}$ dans le tems de l'incandescence. Ces deux termes ajoutés donnent $\frac{6}{250}$, qui, multipliés par $2\frac{1}{2}$, moitié de la somme de tous les termes de la diminution de la chaleur, donnent $\frac{15}{250}$ pour la compensation totale qu'a faite la chaleur du soleil pendant la période entière de la déperdition de la chaleur propre du globe, qui est de 74,047 ans. Ainsi, l'on aura 5 : $\frac{15}{250}$ :: 74,047 : 888 $\frac{24}{25}$. D'où l'on voit que le prolongement du refroidissement qui, pour une chaleur vingt-cinq fois plus grande que la température actuelle,

n'a été que de 770 ans, auroit été de 888 $\frac{8}{11}$ dans la supposition que cette première chaleur n'auroit été que cinq fois plus grande que cette même température actuelle. Cela seul nous fait voir que quand même on voudroit supposer cette chaleur primitive fort au dessous de vingt-cinq, il n'en résulteroit qu'un prolongement plus long pour le refroidissement du globe ; et cela seul me paroît suffire aussi pour satisfaire à l'objection.

Enfin, me dira-t-on, vous avez calc[illegible]
la durée du refroidissement des pla[illegible]
non seulement par la raison invers[illegible]
diamètre, mais encore par la raison [illegible]
de leur densité ; cela seroit fondé s[illegible]
voit imaginer qu'il existe en eff[illegible]
tières dont la densité seroit auss[illegible]
de celle de notre globe ; mais [illegible]
Quelle sera, par exemple, la [illegible]
vous composerez [illegible]
est plus de cinq [illegible]
la terre?

A cela je [illegible]
trouver, da[illegible]
cinq ou si[illegible]
de fer, d[illegible]
comm[illegible]

savons que la terre est principalement composée ; mais, sans sortir du règne minéral, et considérant la densité de ces cinq matières, on a pour celle du fer $21 \frac{10}{72}$, pour celle du marbre blanc $8 \frac{21}{72}$, pour celle du grès $7 \frac{24}{72}$, pour celle du marbre commun et de la pierre calcaire dure $7 \frac{20}{72}$: prenant le terme moyen des densités de ces cinq matières, dont le globe terrestre est principalement composé, on trouve que sa densité est $10 \frac{5}{18}$. Il s'agit donc de trouver une matière dont la densité soit $1 \frac{891 \frac{1}{9}}{1000}$; ce qui est le même rapport de 184, densité de saturne, à 1,000 densité de la terre. Or cette matière seroit une espèce de pierre ponce un peu moins dense que la pierre ponce ordinaire, dont la densité relative est ici de $1 \frac{69}{72}$; il paroît donc que saturne est principalement composé d'une matière légère semblable à la pierre ponce.

De même, la densité de la terre étant à celle de jupiter : : 1,000 : 292, ou : : $10 \frac{5}{18} : 3 \frac{1 \frac{1}{9}}{1000}$, on doit croire que jupiter est composé d'une matière plus dense que la pierre ponce, et moins dense que la craie.

La densité de la terre étant à celle de la

lune :: 1,000 : 702, ou :: $10\frac{5}{18}$: $7\frac{215}{1000}$; cette planète secondaire est composée d'une matière dont la densité n'est pas tout à fait si grande que celle de la pierre calcaire dure, mais plus grande que celle de la pierre calcaire tendre.

La densité de la terre étant à celle de mars :: 1,000 : 730, ou :: $10\frac{5}{18}$: $7\frac{502\frac{7}{9}}{1000}$, on doit croire que cette planète est composée d'une matière dont la densité est un peu plus grande que celle du grès, et moins grande que celle du marbre blanc.

Mais la densité de la terre étant à celle de vénus :: 1,000 : 1,270, ou :: $10\frac{5}{18}$: $13\frac{52\frac{7}{9}}{1000}$, on peut croire que cette planète est principalement composée d'une matière plus dense que l'émeril, et moins dense que le zinc.

Enfin, la densité de la terre étant à celle de mercure :: 1,000 : 2,040, ou :: $10\frac{5}{18}$: $20\frac{966\frac{2}{3}}{1000}$, on doit croire que cette planète est composée d'une matière un peu moins dense que le fer, mais plus dense que l'étain.

Hé comment, dira-t-on, la nature vivante que vous supposez établie par-tout, peut-elle exister sur des planètes de fer, d'émeril

ou de pierre ponce ? Par les mêmes causes, répondrai-je, et par les mêmes moyens qu'elle existe sur le globe terrestre, quoique composé de pierre, de grès, de marbre, de fer et de verre. Il en est des autres planètes comme de notre globe ; leur fonds principal est une des matières que nous venons d'indiquer, mais les causes extérieures auront bientôt altéré la couche superficielle de cette matière, et selon les différens dégrés de chaleur ou de froid, de sécheresse ou d'humidité, elles auront converti en assez peu de tems cette matière, de quelque nature qu'on la suppose, en une terre féconde et propre à recevoir les germes de la nature organisée, qui tous n'ont besoin que de chaleur et d'humidité pour se développer.

Après avoir satisfait aux objections qui paroissent se présenter les premières, il est nécessaire d'exposer les faits et les observations par lesquels on s'est assuré que la chaleur du soleil n'est qu'un accessoire, un petit complément à la chaleur réelle qui émane continuellement du globe de la terre ; et il sera bon de faire voir en même tems comment les thermomètres comparables nous ont appris d'une manière certaine que le chaud de l'été est égal dans tous les

climats de la terre, à l'exception dequelques endroits, comme le Sénégal, et de quelques autres parties de l'Afrique où la chaleur est plus grande qu'ailleurs, par des raisons particulières dont nous parlerons lorsqu'il s'agira d'examiner les exceptions à cette règle générale.

On peut démontrer, par des évaluations incontestables, que la lumière, et par conséquent la chaleur envoyée du soleil à la terre en été, est très-grande en comparaison de la chaleur envoyée par ce même astre en hyver, et que néanmoins, par des observations très-exactes et très-réitérées, la différence de la chaleur réelle de l'été à celle de l'hyver est fort petite. Cela seul seroit suffisant pour prouver qu'il existe dans le globe terrestre une très-grande chaleur, dont celle du soleil ne fait que le complément ; car, en recevant les rayons du soleil sur le même thermomètre en été et en hyver, M. Amontons a le premier observé que les plus grandes chaleurs de l'été dans notre climat ne diffèrent du froid de l'hyver, lorsque l'eau se congèle, que comme 7 diffère de 6, tandis qu'on peut démontrer que l'action du soleil en été est environ 66 fois plus grande que celle du

soleil en hyver : on ne peut donc pas douter qu'il n'y ait un fonds de très-grande chaleur dans le globe terrestre, sur lequel, comme base, s'élèvent les dégrés de la chaleur qui nous vient du soleil, et que les émanations de ce fonds de chaleur à la surface du globe ne nous donnent une quantité de chaleur beaucoup plus grande que celle qui nous arrive du soleil.

Si l'on demande comment on a pu s'assurer que la chaleur envoyée par le soleil en été est 66 fois plus grande que la chaleur envoyée par ce même astre en hyver dans notre climat, je ne puis mieux répondre qu'en renvoyant aux mémoires donnés par feu M. de Mairan, en 1719, 1722 et 1765, et insérés dans ceux de l'académie, où il examine avec une attention scrupuleuse les causes de la vicissitude des saisons dans les différens climats: Ces causes peuvent se réduire à quatre principales ; savoir, 1° l'inclinaison sous laquelle tombe la lumière du soleil, suivant les différentes hauteurs de cet astre sur l'horizon ; 2° l'intensité de la lumière plus ou moins grande à mesure que son passage dans l'atmosphère est plus ou moins oblique ; 3° la différente distance de la terre au soleil en été et en hyver ; 4° l'inégalité

de la longueur des jours dans les climats différens. Et en partant du principe que la quantité de la chaleur est proportionnelle à l'action de la lumière, on se démontrera aisément à soi-même que ces quatre causes réunies, combinées et comparées, diminuent pour notre climat cette action de la chaleur du soleil dans un rapport d'environ 60 à 1 du solstice d'été au solstice d'hyver. Et en supposant l'affoiblissement de l'action de la lumière par ces quatre causes, c'est-à-dire, 1° par la moindre ascension ou élévation du soleil à midi du solstice d'hyver, en comparaison de son ascension à midi du solstice d'été ; 2° par la diminution de l'intensité de la lumière, qui traverse plus obliquement l'atmosphère au solstice d'hyver qu'au solstice d'été ; 3° par la plus grande proximité de la terre au soleil en hyver qu'en été ; 4° par la diminution de la continuité de la chaleur, produite par la moindre durée du jour ou par la plus longue absence du soleil au solstice d'hyver, qui, dans notre climat, est à peu près double de celle du solstice d'été ; on ne pourra pas douter que la différence ne soit en effet très-grande, et environ de 66 à 1 dans notre climat, et cette vérité de théorie peut être regardée comme

aussi certaine que la seconde vérité qui est d'expérience, et qui nous démontre, par les observations du thermomètre exposé immédiatement aux rayons du soleil en hyver et en été, que la différence de la chaleur réelle dans ces deux tems n'est néanmoins tout au plus que de 7 à 6; je dis tout au plus, car cette détermination donnée par M. Amontons, n'est pas à beaucoup près aussi exacte que celle qui a été faite par M. de Mairan, d'après un grand nombre d'observations ultérieures, par lesquelles il prouve que ce rapport est : : 32 : 31. Que doit donc indiquer cette prodigieuse inégalité entre ces deux rapports de l'action de la chaleur solaire en été et en hyver, qui est de 66 à 1, et de celui de la chaleur réelle, qui n'est que de 32 à 31 de l'été à l'hyver? N'est-il pas évident que la chaleur propre du globe de la terre est nombre de fois plus grande que celle qui lui vient du soleil? Il paroît en effet que, dans le climat de Paris, cette chaleur de la terre est 29 fois plus grande en été, et 491 fois plus grande en hyver que celle du soleil, comme l'a déterminé M. de Mairan. Mais j'ai déjà averti qu'on ne devoit pas conclure de ces deux rapports combinés le rapport réel de la chaleur du globe de la

terre à celle qui lui vient du soleil, et j'ai donné les raisons qui m'ont décidé à supposer qu'on peut estimer cette chaleur du soleil 50 fois moindre que la chaleur qui émane de la terre.

Il nous reste maintenant à rendre compte des observations faites avec les thermomètres. On a recueilli, depuis l'année 1701 jusqu'en 1756 inclusivement, le dégré du plus grand chaud, et celui du plus grand froid qui s'est fait à Paris chaque année; on en a fait une somme, et l'on a trouvé qu'année commune tous les thermomètres réduits à la division de Réaumur, ont donné 1,026 pour la plus grande chaleur de l'été, c'est-à-dire, 26 dégrés au dessus du point de la congélation de l'eau. On a trouvé de même que le dégré commun du plus grand froid de l'hyver, a été pendant ces 56 années de 994, ou de 6 dégrés au dessous de la congélation de l'eau; d'où l'on a conclu, avec raison, que le plus grand chaud de nos étés à Paris, ne diffère du plus grand froid de nos hyvers que de $\frac{1}{32}$, puisque 994 : 1026 : : 31 : 32. C'est sur ce fondement que nous avons dit que le rapport du plus grand chaud au plus grand froid n'étoit que : : 32 : 31. Mais on peut objecter contre la précision

de cette évaluation le défaut de construction du thermomètre, division de Réaumur, auquel on réduit ici l'échelle de tous les autres, et ce défaut est de ne partir que de mille dégrés au dessous de la glace, comme si ce millième dégré étoit en effet celui du froid absolu, tandis que le froid absolu n'existe point dans la nature, et que celui de la plus petite chaleur devroit être supposé de 10,000 au lieu de 1,000; ce qui changeroit la graduation du thermomètre. On peut encore dire qu'à la vérité il n'est pas impossible que toutes nos sensations entre le plus grand chaud et le plus grand froid, soient comprises dans un aussi petit intervalle que celui d'une unité sur 32 de chaleur, mais que la voix du sentiment semble s'élever contre cette opinion, et nous dire que cette limite est trop étroite, et que c'est bien assez réduire cet intervalle que de lui donner un huitième ou un septième au lieu d'un trente-deuxième.

Mais, quoi qu'il en soit de cette évaluation qui se trouvera peut-être encore trop forte lorsqu'on aura des thermomètres mieux construits, on ne peut pas douter que la chaleur de la terre, qui sert de base à la chaleur réelle que nous éprouvons, ne soit

très-considérablement plus grande que celle qui nous vient du soleil, et que cette dernière n'en soit qu'un petit complément. De même, quoique les thermomètres dont on s'est servi pèchent par le principe de leur construction, et par quelques autres défauts dans leur graduation, on ne peut pas douter de la vérité des faits comparés que nous ont appris les observations faites en différens pays avec ces mêmes thermomètres, construits et gradués de la même façon, parce qu'il ne s'agit ici que de vérités relatives et de résultats comparés, et non pas de vérités absolues.

Or, de la même manière qu'on a trouvé, par l'observation de cinquante-six années successives, la chaleur de l'été à Paris, de 1,026 ou de 26 dégrés au dessus de la congélation, on a aussi trouvé, avec les mêmes thermomètres, que cette chaleur de l'été étoit 1,026 dans tous les autres climats de la terre, depuis l'équateur jusque vers le cercle polaire (1); à Madagascar, aux îles

---

(1) Voyez sur cela les Mémoires de feu M. de Réaumur, dans ceux de l'académie, année 1735 et 1741, et aussi les Mémoires de feu M. de Mairan, dans ceux de l'année 1765, page 213.

de France et de Bourbon, à l'île Rodrigue, à Siam, aux Indes orientales, à Alger, à Malte, à Cadix, à Montpellier, à Lyon, à Amsterdam, à Varsovie, à Upsal, à Pétersbourg et jusqu'en Laponie, près du cercle polaire; à Cayenne, au Pérou, à la Martinique, à Carthagène en Amérique et à Panama; enfin dans tous les climats des deux hémisphères et des deux continens où l'on a pu faire des observations, on a constamment trouvé que la liqueur du thermomètre s'élevoit également à 25, 26 ou 27 dégrés dans les jours les plus chauds de l'été, et de-là résulte le fait incontestable de l'égalité de la chaleur en été dans tous les climats de la terre. Il n'y a sur cela d'autres exceptions que celles du Sénégal et de quelques autres endroits, où le thermomètre s'élève à 5 ou 6 dégrés de plus, c'est-à-dire, à 31 ou 32 dégrés; mais c'est par des causes accidentelles et locales, qui n'altèrent point la vérité des observations, ni la certitude de ce fait général, lequel seul pourroit encore nous démontrer qu'il existe réellement une très-grande chaleur dans le globe terrestre, dont l'effet ou les émanations sont à peu près égales dans tous les points de sa surface, et que le soleil, bien loin d'être la sphère unique de la chaleur

qui anime la Nature; n'en est tout au plus que le régulateur.

Ce fait important que nous consignons à la postérité, lui fera reconnoître la progression réelle de la diminution de la chaleur du globe terrestre, que nous n'avons pu déterminer que d'une manière hypothétique : on verra, dans quelques siècles, que la plus grande chaleur de l'été, au lieu d'élever la liqueur du thermomètre à 26, ne l'élèvera plus qu'à 25, à 24 ou au dessous, et on jugera, par cet effet, qui est le résultat de toutes les causes combinées, de la valeur de chacune des causes particulières qui produisent l'effet total de la chaleur à la surface du globe ; car, indépendamment de la chaleur qui appartient en propre à la terre, et qu'elle possède dès le tems de l'incandescence, chaleur dont la quantité est très-considérablement diminuée et continuera de diminuer dans la succession des tems ; indépendamment de la chaleur qui nous vient du soleil, qu'on peut regarder comme constante, et qui par conséquent, fera dans la suite une plus grande compensation qu'aujourd'hui à la perte de cette chaleur propre du globe, il y a encore deux autres causes particulières, qui peuvent ajouter

ajouter une quantité considérable de chaleur à l'effet des deux premières, qui sont les seules dont nous ayons fait jusqu'ici l'évaluation.

L'une de ces causes particulières provient, en quelque façon, de la première cause générale, et peut y ajouter quelque chose. Il est certain que, dans le tems de l'incandescence, et dans tous les siècles subséquens, jusqu'à celui du refroidissement de la terre, au point de pouvoir la toucher, toutes les matières volatiles ne pouvoient résider à la surface ni même dans l'intérieur du globe ; elles étoient élevées et répandues en forme de vapeurs, et n'ont pu se déposer que successivement à mesure qu'il se refroidissoit. Ces matières ont pénétré par les fentes et les crevasses de la terre à d'assez grandes profondeurs, en une infinité d'endroits ; c'est-là le fonds primitif des volcans, qui, comme l'on sait, se trouvent tous dans les hautes montagnes, où les fentes de la terre sont d'autant plus grandes, que ces pointes du globe sont plus avancées, plus isolées : ce dépôt des matières volatiles du premier âge aura été prodigieusement augmenté par l'addition de toutes les matières combustibles, dont la formation est des âges

subséquens. Les pyrites, les soufres, les charbons de terre, les bitumes, etc. ont pénétré dans les cavités de la terre, et ont produit presque par-tout de grands amas de matières inflammables, et souvent des incendies qui se manifestent par des tremblemens de terre, par l'éruption des volcans, et par les sources chaudes qui découlent des montagnes, ou sourdissent à l'intérieur dans les cavités de la terre. On peut donc présumer que ces feux souterrains, dont les uns brûlent, pour ainsi dire, sourdement et sans explosion, et dont les autres éclatent avec tant de violence, augmentent un peu l'effet de la chaleur générale du globe. Néanmoins cette addition de chaleur ne peut être que très-petite, car on a observé qu'il fait à très-peu près aussi froid au dessus des volcans qu'au dessus des autres montagnes à la même hauteur, à l'exception des tems où le volcan travaille et jette au dehors des vapeurs enflammées ou des matières brûlantes. Cette cause particulière de chaleur ne me paroît donc pas mériter autant de considération que lui en ont donné quelques physiciens.

Il n'en est pas de même d'une seconde cause, à laquelle il semble qu'on n'a pas

pensé; c'est le mouvement de la lune autour de la terre. Cette planète secondaire fait sa révolution autóur de nous en 27 jours un tiers environ; et étant éloignée à 85,325 lieues, elle parcourt une circonférence de 536,329 lieues dans cet espace de tems, ce qui fait un mouvement de 817 lieues par heure, ou de 13 à 14 lieues par minute; quoique cette marche soit peut-être la plus lente de tous les corps célestes, elle ne laisse pas d'être assez rapide pour produire sur la terre, qui sert d'essieu ou de pivot à ce mouvement, une chaleur considérable par le frottement qui résulte de la charge et de la vîtesse de cette planète. Mais il ne nous est pas possible d'évaluer cette quantité de chaleur produite par cette cause extérieure, parce que nous n'avons rien jusqu'ici qui puisse nous servir d'unité ou de terme de comparaison. Mais, si l'on parvient jamais à reconnoître le nombre, la grandeur et la vîtesse de toutes les comètes, comme nous connoissons le nombre, la grandeur et la vîtesse de toutes les planètes qui circulent autour du soleil, on pourra juger alors de la quantité de chaleur que la lune peut donner à la terre, par la quantité beaucoup plus grande de feu que tous ces vastes corps excitent dans le soleil.

Et je serois fort porté à croire que la chaleur produite par cette cause dans le globe de la terre, ne laisse pas de faire une partie assez considérable de sa chaleur propre; et qu'en conséquence, il faut encore étendre les limites des tems pour la durée de la Nature. Mais revenons à notre principal objet.

Nous avons vu que les étés sont à très-peu près égaux dans tous les climats de la terre, et que cette vérité est appuyée sur des faits incontestables; mais il n'en est pas de même des hyvers; ils sont très-inégaux, et d'autant plus inégaux dans les différens climats, qu'on s'éloigne plus de celui de l'équateur, où la chaleur en hyver et en été est à peu près la même. Je crois en avoir donné la raison dans le cours de ce mémoire, et avoir expliqué d'une manière satisfaisante la cause de cette inégalité par la suppression des émanations de la chaleur terrestre. Cette suppression est, comme je l'ai dit, occasionnée par les vents froids qui se rabattent du haut de l'air, resserrent les terres, glacent les eaux, et renferment les émanations de la chaleur terrestre pendant tout le tems que dure la gelée; en sorte qu'il n'est pas étonnant que le froid des hyvers soit en

effet d'autant plus grand que l'on avance davantage vers les climats où la masse de l'air, recevant plus obliquement les rayons du soleil, est par cette raison la plus froide.

Mais il y a pour le froid comme pour le chaud quelques contrées sur la terre qui font une exception à la règle générale. Au Sénégal, en Guinée, à Angola, et probablement dans tous les pays où l'on trouve l'espèce humaine teinte de noir, comme en Nubie, à la terre des Papous, dans la nouvelle Guinée, etc., il est certain que la chaleur est plus grande que dans tout le reste de la terre, mais c'est par des causes locales, dont nous donnons l'explication dans une autre partie de cet ouvrage (1). Ainsi, dans ces climats particuliers où le vent d'est règne pendant toute l'année, et passe, avant d'arriver, sur une étendue de terre très-considérable où il prend une chaleur brûlante, il n'est pas étonnant que la chaleur se trouve plus grande de 5, 6 et même 7 dégrés, qu'elle ne l'est par-tout ailleurs. Et de même, les froids excessifs de la Sibérie ne prouvent rien autre chose,

(1) Voyez l'histoire naturelle de l'Homme, art. *Variété de l'espèce humaine.*

sinon que cette partie de la surface du globe est beaucoup plus élevée que toutes les terres adjacentes. *Les pays asiatiques septentrionaux*, dit le baron de Strahlenberg, *sont considérablement plus élevés que les européens; ils le sont comme une table l'est en comparaison du plancher sur lequel elle est posée; car lorsqu'en venant de l'ouest et sortant de la Russie, on passe à l'est par les monts Riphées et Rymniques pour entrer en Sibérie, on avance toujours plus en montant qu'en descendant* (1). *Il y a bien des plaines en Sibérie*, dit M. Gmelin. *qui ne sont pas moins élevées au dessus du reste de la terre, ni moins éloignées de son centre, que ne le sont d'assez hautes montagnes en plusieurs autres régions* (2). Ces plaines de Sibérie paroissent être en effet tout aussi hautes que le sommet des monts Riphées, sur lequel la glace et la neige ne fondent pas entièrement pendant l'été : et si ce même effet n'arrive pas dans les plaines de Sibérie, c'est parce qu'elles sont moins isolées, car cette circons-

(1) Description de l'empire russien, traduction française, tome Ier, page 322, d'après l'allemand, imprimé à Stockholm en 1730.

(2) *Flora siberica, præf.* pages 58 et 64.

tance locale fait encore beaucoup à la durée et à l'intensité du froid ou du chaud. Une vaste plaine une fois échauffée, conservera sa chaleur plus long-tems qu'une montagne isolée; et par cette même raison, la montagne une fois refroidie, conservera sa neige ou sa glace plus long-tems que la plaine.

Mais, si l'on compare l'excès du chaud à l'excès du froid produit par ces causes particulières et locales, on sera peut-être surpris de voir que, dans les pays tels que le Sénégal, où la chaleur est la plus grande, elle n'excède néanmoins que de 7 dégrés la plus grande chaleur générale, qui est de 26 dégrés au dessus de la congélation, et que la plus grande hauteur à laquelle s'élève la liqueur du thermomètre, n'est tout au plus que de 33 dégrés au dessus de ce même point, tandis que les grands froids de Sibérie vont quelquefois jusqu'à 60 et 70 dégrés au dessous de ce même point de la congélation, et qu'à Pétersbourg, à Upsal, etc. sous la même latitude de la Sibérie, les plus grands froids ne font descendre la liqueur qu'à 25 ou 26 dégrés au dessous de la congélation : ainsi, l'excès de chaleur produit par les causes locales n'étant que de 6 ou 7 degrés au dessus

de la plus grande chaleur du reste de la zone torride, et l'excès du froid produit de même par les causes locales, étant de plus de 40 dégrés au dessous du plus grand froid, sous la même latitude, on doit en conclure que ces mêmes causes locales ont bien plus d'influence dans les climats froids que dans les climats chauds, quoiqu'on ne voie pas d'abord ce qui peut produire cette grande différence dans l'excès du froid et du chaud. Cependant, en y réfléchissant, il me semble qu'on peut concevoir aisément la raison de cette différence. L'augmentation de la chaleur d'un climat tel que le Sénégal, ne peut venir que de l'action de l'air, de la nature du terroir et de la dépression du terrain: cette contrée, presque au niveau de la mer, est en grande partie couverte de sables arides; un vent d'est constant, au lieu d'y rafraîchir l'air, le rend brûlant, parce que ce vent traverse, avant que d'arriver, plus de deux mille lieues de terre, sur laquelle il s'échauffe toujours de plus en plus; et néanmoins toutes ces causes réunies ne produisent qu'un excès de 6 ou 7 dégrés au dessus de 26, qui est le terme de la plus grande chaleur de tous les autres climats. Mais, dans une contrée telle que la Sibérie, où les

plaines sont élevées comme les sommets des montagnes le sont au dessus du niveau du reste de la terre, cette seule différence d'élévation doit produire un effet proportionnellement beaucoup plus grand que la dépression du terrain du Sénégal, qu'on ne peut pas supposer plus grande que celle du niveau de la mer; car, si les plaines de Sibérie sont seulement élevées de quatre ou cinq cents toises au dessus du niveau d'Upsal ou de Pétersbourg, on doit cesser d'être étonné que l'excès du froid y soit si grand, puisque la chaleur qui émane de la terre, décroissant à chaque point comme l'espace augmente, cette seule cause de l'élévation du terrain suffit pour expliquer cette grande différence du froid sous la même latitude.

Il ne reste sur cela qu'une question assez intéressante. Les hommes, les animaux et les plantes peuvent supporter, pendant quelque tems, la rigueur de ce froid extrême, qui est de 60 dégrés au dessous de la congélation; pourroient-ils également supporter une chaleur qui seroit de 60 dégrés au dessus? Oui, si l'on pouvoit se précautionner et se mettre à l'abri contre le chaud, comme on sait le faire contre le froid; si d'ailleurs cette chaleur excessive

ne duroit, comme le froid excessif, que pendant un petit tems, et si l'air pouvoit, pendant le reste de l'année, rafraîchir la terre de la même manière que les émanations de la chaleur du globe réchauffent l'air dans les pays froids : on connoît des plantes, des insectes et des poissons qui croissent et vivent dans des eaux thermales, dont la chaleur est de 45, 50, et jusqu'à 60 dégrés ; il y a donc des espèces dans la nature vivante qui peuvent supporter ce dégré de chaleur ; et comme les nègres sont dans le genre humain ceux que la grande chaleur incommode le moins, ne devroit-on pas en conclure avec assez de vraisemblance, que, dans notre hypothèse, leur race pourroit être plus ancienne que celle des hommes blancs ?

Fin de la Théorie de la Terre et de l'Introduction à l'Histoire des Minéraux.

HISTOIRE NATURELLE DES MINÉRAUX.

AVERTISSEMENT.

L'HISTOIRE des Minéraux fut un des derniers Ouvrages que Buffon ait publié; mais il s'en occupoit depuis long-tems. Ce genre de travail l'attachoit plus particulièrement, parce qu'il y trouvoit le développement de son système de la Théorie de la Terre, et qu'ainsi qu'il le dit lui-même dans un court avertissement placé en tête d'un volume de l'histoire des Oiseaux, il préféroit cet objet comme lui étant plus familier, quoique plus difficile, et comme étant plus analogue à son goût, par les belles découvertes et les grandes vues dont il est susceptible.

La place de l'histoire des Minéraux a donc été marquée par Buffon lui-même; et quoique cette partie de la science de la Nature n'ait été composée qu'après l'histoire des Quadrupèdes, elle doit néanmoins la précéder. En effet, la connoissance particulière des différentes substances dont le globe terrestre est formé, devient une suite indispensable de la

THÉORIE DE LA TERRE, qui ne peut être bien éclaircie que par ces nouveaux détails. L'on sait aussi que l'INTRODUCTION A L'HISTOIRE DES MINÉRAUX a été donnée par Buffon comme un Supplément à sa THÉORIE; et cet arrangement est une nouvelle preuve que l'histoire des Minéraux elle-même auroit suivi immédiatement l'Introduction, si l'auteur eût eu le loisir de la travailler convenablement, et s'il n'eût pas été pressé de s'occuper de l'histoire naturelle des Animaux, qui présente plus d'intérêt et d'attraits pour le plus grand nombre. D'un autre côté, n'est-il pas naturel de completter l'histoire de l'intérieur de la Terre, avant que de commencer celle des êtres vivans qui en pressent et en animent la surface?

Cet ordre que nous adoptons, quoiqu'il ne soit pas celui des anciennes éditions des Œuvres de Buffon, outre qu'il naît de la nature même des objets qui y sont traités, présente aux Souscripteurs un avantage qui ne leur aura

sûrement pas échappé. Les grandes entreprises littéraires laissent souvent des inquiétudes sur leur achèvement ; et quand l'ouvrage est composé de matières différentes, que, pour satisfaire l'impatience des lecteurs, on leur livre par morceaux détachés de toutes ces matières à la fois, il arriveroit que dans les cas d'interruption ou de cessation, les Souscripteurs n'auroient reçu que des fragmens disparates et décousus de matières non complettes; tandis que si l'ordre des livraisons suit l'ordre de l'ouvrage même, ils posséderont en pareil cas une ou plusieurs parties entières. Je suppose, par exemple, qu'au lieu d'épuiser une partie de l'Histoire Naturelle, avant que d'en entamer une autre, comme le plan que nous nous sommes tracé l'exige, nous eussions donné chaque mois un volume du système de l'Univers ou de l'histoire des Minéraux, avec un volume de l'histoire naturelle des Quadrupèdes, ou de celle des Oiseaux, et que, par quelqu'évènement imprévu, les livraisons vinssent

à cesser, les acquëreurs qui posséderoient un nombre de volumes détachés, n'auroient obtenu aucune partie complette; et, d'après notre méthode, si l'Edition se discontinuoit, ils auroient en entier, et sous une fòrme neuve et intéressante, l'histoire de la Terre et des Minéraux; quelques mois plus tard, l'histoire des Quadrupèdes; plus tard encore, celle des Oiseaux, etc. etc.

Si nous insistons sur cette remarque, ce n'est que comme une nouvelle garantie offerte à ceux qui prennent intérêt à notre Edition, car ils n'ont aucune inquiétude à concevoir sur l'avenir; et les encouragemens que nous recevons de toutes parts, dans des momens difficiles où le commerce languissant paroît être menacé d'un anéantissement prochain et total, et où de furieuses agitations politiques semblent occuper tous les esprits, et les éloigner des sciences et des belles-lettres, ne permettent pas de penser à une discontinuation dans les livraisons, et encore moins à leur cessation absolue. Ces

encouragemens,

encouragemens qui ont surpassé nos espérances, honorent en même tems un âge que des calamités accumulées, le tourbillon rapide des passions ambitieuses et dévoratrices, l'oubli, le mépris même que tant de gens affichent pour les principes immuables de la justice et de la philosophie, sembloient ne devoir marquer que du sceau du malheur et de la destruction.

Celui qui tient la plume ne manquera ni de courage ni de persévérance; il tiendra tous ses engagemens; et les Libraires, chargés, sinon de la partie la plus importante et la plus difficile, au moins de la plus délicate dans des momens de pénurie, l'autorisent à assurer qu'ils seront également fidèles à leurs propres obligations.

D'après ces éclaircissemens qui m'ont paru nécessaires, il ne me reste plus qu'à dire un mot de quelques dispositions relatives à l'histoire des Minéraux. Les Additions ou les Supplémens, de même que dans les autres parties de l'Histoire

naturelle que Buffon a traitées, sont mis et liés dans le texte à la place qui leur appartient; des notes nombreuses l'accompagnent; et comme Buffon a négligé de rapporter la nomenclature des Minéraux qu'il décrit, je l'ajoute, non pas complette, ce qui seroit un travail aussi fastidieux qu'inutile, mais je me contente d'indiquer les désignations adoptées par les auteurs les plus connus. L'histoire des Minéraux, quoiqu'assez volumineuse, ne renferme aucune planche. Dans cette Edition, l'on en trouvera quelques-unes qui représentent des sujets intéressans et récemment découverts, que j'ai fait dessiner sur les sujets mêmes. Tout ceci prouve que l'Auteur, comme les Editeurs, ne se contentent pas de tenir religieusement leurs promesses, mais qu'ils se font gloire d'aller beaucoup au delà.

SONNINI.

HISTOIRE

NATURELLE

DES MINÉRAUX.

De la figuration des Minéraux.

Comme l'ordre de nos idées doit être ici le même que celui de la succession des tems, et que le tems ne peut nous être représenté que par le mouvement et par ses effets, c'est-à-dire, par la succession des opérations de la Nature, nous la considérerons d'abord dans les grandes masses qui sont les résultats de ses premiers et grands travaux sur le globe terrestre; après quoi nous essaierons de la suivre dans ses procédés particuliers, et tâcherons de saisir la combinaison des moyens qu'elle emploie pour former les petits volumes de ces matières précieuses, dont elle paroît d'autant plus avare, qu'elles sont en apparence plus pures et plus simples; et quoiqu'en général les substances et leurs formes soient si différentes qu'elles paroissent

être variées à l'infini, nous espérons qu'en suivant de près la marche de la Nature en mouvement, dont nous avons déjà tracé les plus grands pas dans ses époques, nous ne pourrons nous égarer que quand la lumière nous manquera, faute de connoissances acquises par l'expérience encore trop courte des siècles qui nous ont précédés.

Divisons, comme l'a fait la Nature, en trois grandes classes toutes les matières brutes et minérales qui composent le globe de la terre; et d'abord considérons-les une à une, en les combinant ensuite deux à deux, et enfin en les réunissant ensemble toutes trois.

La première classe embrasse les matières qui, ayant été produites par le feu primitif, n'ont point changé de nature, et dont les grandes masses sont celles de la roche intérieure du globe et des éminences qui forment les appendices extérieurs de cette roche, et qui, comme elle, sont solides et vitreuses: on doit donc y comprendre le roc vif, les quartz, les jaspes, le feld-spath, les schorls, les micas, les grès, les porphyres, les granits et toutes les pierres de première, et même de seconde formation qui ne sont pas calcinables, et encore les sables vitreux, les

argiles, les schistes, les ardoises, et toutes les autres matières provenant de la décomposition et des débris des matières primitives que l'eau aura délayées, dissoutes ou dénaturées.

La seconde classe comprend les matières qui ont subi une seconde action du feu, et qui ont été frappées par les foudres de l'électricité souterraine, ou fondues par le feu des volcans, dont les grosses masses sont les laves, les basaltes, les pierres ponces, les pouzzolanes et les autres matières volcaniques, qui nous présentent en petit des produits assez semblables à ceux de l'action du feu primitif; et ces deux classes sont celles de la nature brute, car toutes les matières qu'elles contiennent ne portent que peu ou point de traces d'organisation.

La troisième classe contient les substances calcinables, les terres végétales, et toutes les matières formées du détriment et des dépouilles des animaux et des végétaux, par l'action ou l'intermède de l'eau, dont les grandes masses sont les rochers et les bancs des marbres, des pierres calcaires, des craies, des plâtres, et la couche universelle de terre végétale qui couvre la surface du globe, ainsi que les couches

particulières de tourbes, de bois fossiles et de charbons de terre qui se trouvent dans son intérieur.

C'est sur-tout dans cette troisième classe que se voient tous les dégrés et toutes les nuances qui remplissent l'intervalle entre la matière brute et les substances organisées; et cette matière intermédiaire, pour ainsi dire, mi-partie de brut et d'organique, sert également aux productions de la nature active dans les deux empires de la vie et de la mort; car, comme la terre végétale et toutes les substances calcinables contiennent beaucoup plus de parties organiques que les autres matières produites ou dénaturées par le feu, ces parties organiques, toujours actives, ont fait de fortes impressions sur la matière brute et passive; elles en ont travaillé toutes les surfaces et quelquefois pénétré l'épaisseur; l'eau développe, délaie, entraîne et dépose ces élémens organiques sur les matières brutes : aussi la plupart des minéraux figurés ne doivent leurs différentes formes qu'au mélange et aux combinaisons de cette matière active avec l'eau qui lui sert de véhicule. Les productions de la nature organisée qui, dans l'état de vie et de végétation, représentent sa force

et font l'ornement de la terre, sont encore, après la mort, ce qu'il y a de plus noble dans la nature brute : les détrimens des animaux et des végétaux conservent des molécules organiques actives, qui communiquent à cette matière passive les premiers traits de l'organisation, en lui donnant la forme extérieure. Tout minéral figuré a été travaillé par ces molécules organiques, provenant du détriment des êtres organisés, ou par les premières molécules organiques existantes avant leur formation : ainsi, les minéraux figurés tiennent tous de près ou de loin à la nature organisée; et il n'y a de matières entièrement brutes que celles qui ne portent aucun trait de figuration; car l'organisation a, comme toute autre qualité de la matière, ses dégrés et ses nuances, dont les caractères les plus généraux, les plus distincts, et les résultats les plus évidens sont la vie dans les animaux, la végétation dans les plantes, et la figuration dans les minéraux.

Le grand et le premier instrument avec lequel la Nature opère toutes ses merveilles, est cette force universelle, constante et pénétrante dont elle anime chaque atome de matière en leur imprimant une tendance mutuelle à se rapprocher et s'unir : son autre

grand moyen est la chaleur, et cette seconde force tend à séparer tout ce que la première a réuni; néanmoins elle lui est subordonnée, car l'élément du feu, comme toute autre matière, est soumis à la puissance générale de la force attractive : celle-ci est d'ailleurs également répartie dans les substances organisées comme dans les matières brutes; elle est toujours proportionnelle à la masse, toujours présente, sans cesse active; elle peut travailler la matière dans les trois dimensions à la fois, dès qu'elle est aidée de la chaleur; parce qu'il n'y a pas un point qu'elle ne pénètre à tout instant, et que par conséquent la chaleur ne puisse étendre et développer, dès qu'elle se trouve dans la proportion qu'exige l'état des matières sur lesquelles elle opère. Ainsi, par la combinaison de ces deux forces actives, la matière ductile, pénétrée et travaillée dans tous ses points, et par conséquent dans les trois dimensions à la fois, prend la forme d'un germe organisé, qui bientôt deviendra vivant ou végétant par la continuité de son développement et de son extension proportionnelle en longueur, largeur et profondeur. Mais si ces deux forces pénétrantes et productrices, l'attraction et la chaleur, au lieu

d'agir sur des substances molles et ductiles, viennent à s'exercer sur des matières sèches et dures qui leur opposent tròp de résistance, alors elles ne peuvent agir que sur la surface, sans pénétrer l'intérieur de cette matière trop dure; elles ne pourront donc, malgré toute leur activité, la travailler que dans deux dimensions au lieu de trois, en traçant à sa superficie quelques linéamens; et cette matière, n'étant travaillée qu'à la surface, ne pourra prendre d'autre forme que celle d'un minéral figuré. La Nature opère ici comme l'art de l'homme; il ne peut que tracer des figures et former des surfaces; mais, dans ce genre même de travail, le seul où nous puissions l'imiter, elle nous est encore si supérieure qu'aucun de nos ouvrages ne peut approcher des siens.

Le germe de l'animal ou du végétal étant formé par la réunion des molécules organiques avec une petite portion de matière ductile, ce moule intérieur, une fois donné et bientôt développé par la nutrition, suffit pour communiquer son empreinte et rendre sa même forme à perpétuité, par toutes les voies de la reproduction et de la génération; au lieu que, dans le minéral, il n'y a point de germe, point de moule intérieur capable

de se développer par la nutrition, ni de transmettre sa forme par la reproduction.

Les animaux et les végétaux, se reproduisant également par eux-mêmes, doivent être considérés ici comme des êtres semblables pour le fonds et les moyens d'organisation; les minéraux, qui ne peuvent se reproduire par eux-mêmes, et qui néanmoins se produisent toujours sous la même forme, en diffèrent par l'origine et par leur structure dans laquelle il n'y a que des traces superficielles d'organisation; mais, pour bien saisir cette différence originelle, on doit observer (1) que, pour former un moule d'animal ou de végétal capable de se reproduire, il faut que la Nature travaille la matière dans les trois dimensions à la fois, et que la chaleur y distribue les molécules organiques dans les mêmes proportions, afin que la nutrition et l'accroissement suivent cette pénétration intime; et qu'enfin la reproduction puisse s'opérer par le superflu de ces molécules organiques, renvoyées de toutes les parties du corps organisé

(1) *Voyez* dans l'Histoire générale des animaux les articles où il est traité de la nutrition et de la reproduction.

orsque son accroissement est complet : or, lans le minéral, cette dernière opération, qui est le suprême effort de la Nature, ne e fait ni ne tend à se faire; il n'y a point le molécules organiques superflues qui missent être renvoyées pour la reproducion; l'opération qui la précède, c'est-à-lire, celle de la nutrition, s'exerce dans certains corps organisés qui ne se reproluisent pas, et qui ne sont produits eux-nêmes que par une génération spontanée: nais cette seconde opération est encore supprimée dans le minéral; il ne se nourrit ni n'accroît par cette intus-susception qui, lans tous les êtres organisés, étend et dévelope leurs trois dimensions à la fois en égale proportion; sa seule manière de croître est une augmentation de volume par la juxta-position successive de ses parties constituantes, qui toutes n'étant travaillées que sur deux dimensions, c'est-à-dire, en longueur et en largeur, ne peuvent prendre d'autre forme que celle de petites lames infiniment minces et de figures semblables ou différentes, et ces lames figurées, superposées et réunies, composent, par leur aggrégation, un volume plus ou moins grand et figuré de même. Ainsi, dans chaque sorte

de minéral figuré, les parties constituantes, quoique excessivement minces, ont une figure déterminée qui borne le plan de leur surface, et leur est propre et particulière; et comme les figures peuvent varier à l'infini, la diversité des minéraux est aussi grande que le nombre de ces variétés de figures.

Cette figuration dans chaque lame mince est un trait, un vrai linéament d'organisation qui, dans les parties constituantes de chaque minéral, ne peut être tracé que par l'impression des élémens organiques: et en effet la Nature, qui travaille si souvent la matière dans les trois dimensions à la fois, ne doit-elle pas opérer encore plus souvent, en n'agissant que dans deux dimensions, et en n'employant à ce dernier travail qu'un petit nombre de molécules organiques qui, se trouvant alors surchargées de la matière brute, ne peuvent en arranger que les parties superficielles, sans en pénétrer l'intérieur pour en disposer le fonds, et par conséquent sans pouvoir animer cette masse minérale d'une vie animale ou végétative? et quoique ce travail soit beaucoup plus simple que le premier, et que, dans le réel, il soit plus aisé d'effleurer la matière

dans deux dimensions que de la brasser dans toutes trois à la fois, la Nature emploie néanmoins les mêmes moyens et les mêmes agens; la force pénétrante de l'attraction jointe à celle de la chaleur, produisent les molécules organiques, et donnent le mouvement à la matière brute, en la déterminant à telle ou telle forme, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, lorsqu'elle est travaillée dans les trois dimensions; et c'est de cette manière que se sont formés les germes des végétaux et des animaux; mais, dans les minéraux, chaque petite lame infiniment mince, n'étant travaillée que dans deux dimensions, par un plus ou moins grand nombre d'élémens organiques, elle ne peut recevoir qu'autour de sa surface une figuration plus ou moins régulière; et si l'on ne peut nier que cette figuration ne soit un premier trait d'organisation, c'est aussi le seul qui se trouve dans les minéraux: or cette figure une fois donnée à chaque lame mince, à chaque atome du minéral, tous ceux qui l'ont reçue se réunissent par la force de leur affinité respective, laquelle, comme je le dis ailleurs (1),

(1) *Voyez* l'article de cette Histoire Naturelle, qui a pour titre: *De la Nature, seconde vue.*

dépend ici plus de la figure que de la masse, et bientôt ces atomes en petites lames minces, tous figurés de même, composent un volume sensible et de même figure; les prismes du cristal, les rhombes des spaths calcaires, les cubes du sel marin, les aiguilles du nitre, etc., et toutes les figures anguleuses, régulières ou irrégulières des minéraux, sont tracés par le mouvement des molécules organiques, et particulièrement par les molécules qui proviennent du résidu des animaux et végétaux dans les matières calcaires et dans celles de la couche universelle de terre végétale qui couvre la superficie du globe : c'est donc à ces matières mêlées d'organique et de brut que l'on doit rapporter l'origine primitive des minéraux figurés.

Ainsi, toute décomposition, tout détriment de matière animale ou végétale, sert non seulement à la nutrition, au développement et à la reproduction des êtres organisés; mais cette même matière active opère encore comme cause efficiente la figuration des minéraux; elle seule, par son activité différemment dirigée suivant les résistances de la matière inerte, peut donner la figure aux parties constituantes de chaque minéral, et

il ne faut qu'un très-petit nombre de molécules organiques pour imprimer cette trace superficielle d'organisation dans le minéral, dont elles ne peuvent travailler l'intérieur ; et c'est par cette raison que ces corps étant toujours bruts dans leur substance, ils ne peuvent croître par la nutrition comme les êtres organisés, dont l'intérieur est actif dans tous les points de la masse, et qu'ils n'ont que la faculté d'augmenter de volume par une simple aggrégation superficielle de leurs parties.

Quoique cette théorie sur la figuration des minéraux soit plus simple d'un dégré que celle de l'organisation des animaux et des végétaux, puisque la Nature ne travaille ici que dans deux dimensions au lieu de trois ; et quoique cette idée ne soit qu'une extension ou même une conséquence de mes vues sur la nutrition, le développement et la reproduction des êtres (1), je ne m'attends pas à la voir universellement accueillie ni même adoptée de si-tôt par le plus grand nombre. J'ai reconnu que les gens peu

(1) Ces vues et ce système des molécules organiques sont développés dans l'histoire générale des animaux, aux articles de la nutrition et de la reproduction.

SONNINI.

accoutumés aux idées abstraites ont peine à concevoir les moules intérieurs et le travail de la Nature sur la matière dans les trois dimensions à la fois; dès-lors ils ne concevront pas mieux qu'elle ne travaille que dans deux dimensions pour figurer les minéraux : cependant rien ne me paroît plus clair, pourvu qu'on ne borne pas ses idées à celles que nous présentent nos moules artificiels; tous ne sont qu'extérieurs et ne peuvent que figurer des surfaces, c'est-à-dire, opérer sur deux dimensions; mais l'existence du moule intérieur et son extension, c'est-à-dire, ce travail de la Nature dans les trois dimensions à la fois, sont démontrées par le développement de tous les germes dans les végétaux, de tous les embryons dans les animaux, puisque toutes leurs parties, soit extérieures, soit intérieures, croissent proportionnellement; ce qui ne peut se faire que par l'augmentation du volume de leur corps dans les trois dimensions à la fois : ceci n'est donc point un systême idéal fondé sur des suppositions hypothétiques, mais un fait constant démontré par un effet général toujours existant, et à chaque instant renouvelé dans la Nature entière; tout ce qu'il y a de

nouveau

nouveau dans cette grande vue, c'est d'avoir aperçu qu'ayant à sa disposition la force pénétrante de l'attraction et celle de la chaleur, la Nature peut travailler l'intérieur des corps et brasser la matière dans les trois dimensions à la fois, pour faire croître les êtres organisés, sans que leur forme s'altère en prenant trop ou trop peu d'extension dans chaque dimension. Un homme, un animal, un arbre, une plante, en un mot, tous les corps organisés, sont autant de moules intérieurs dont toutes les parties croissent proportionnellement, et par conséquent s'étendent dans les trois dimensions à la fois; sans cela, l'adulte ne ressembleroit pas à l'enfant, et la forme de tous les êtres se corromproit dans leur accroissement : car, en supposant que la Nature manquât totalement d'agir dans l'une des trois dimensions, l'être organisé seroit bientôt non seulement défiguré, mais détruit, puisque son corps cesseroit de croître à l'intérieur par la nutrition, et dès-lors le solide réduit à la surface, ne pourroit augmenter que par l'application successive des surfaces les unes contre les autres; et par conséquent, d'animal ou végétal, il deviendroit minéral, dont effectivement la composition se fait par la

superposition de petites lames presqu'infiniment minces, qui n'ont été travaillées que sur les deux dimensions de leur surface, en longueur et en largeur; au lieu que les germes des animaux et des végétaux ont été travaillés non seulement en longueur et en largeur, mais encore dans tous les points de l'épaisseur, qui fait la troisième dimension; en sorte qu'ils n'augmentent pas par aggrégation comme le minéral, mais par la nutrition, c'est-à-dire, par la pénétration de la nourriture dans toutes les parties de son intérieur, et c'est par cette intus-susception de la nourriture, que l'animal et le végétal se développent et prennent leur accroissement sans changer de forme.

On a cherché à reconnoître et distinguer les minéraux par le résultat de l'aggrégation ou cristallisation de leurs particules; toutes les fois qu'on dissout une matière, soit par l'eau, soit par le feu, et qu'on la réduit à l'homogénéité, elle ne manque pas de se cristalliser, pourvu qu'on tienne cette matière dissoute assez long-tems en repos pour que les particules similaires et déjà figurées puissent exercer leur force d'affinité, s'attirer réciproquement, se joindre et se réunir. Notre art peut imiter ici la Nature dans tous

les cas où il ne faut pas trop de tems, comme pour la cristallisation des sels, des métaux et de quelques autres minéraux; mais, quoique la substance du tems ne soit pas matérielle, néanmoins le tems entre comme élément général, comme ingrédient réel et plus nécessaire qu'aucun autre, dans toutes les compositions de la matière : or la dose de ce grand élément ne nous est point connue; il faut peut-être des siècles pour opérer la cristallisation d'un diamant, tandis qu'il ne faut que quelques minutes pour cristalliser un sel; on peut même croire que, toutes choses égales d'ailleurs, la différence de la dureté des corps provient du plus ou moins de tems que leurs parties sont à se réunir; car, comme la force d'affinité, qui est la même que celle de l'attraction, agit à tout instant et ne cesse pas d'agir, elle doit avec plus de tems produire plus d'effet; or la plupart des productions de la Nature, dans le règne minéral, exigent beaucoup plus de tems que nous ne pouvons en donner aux compositions artificielles par lesquelles nous cherchons à l'imiter. Ce n'est donc pas la faute de l'homme; son art est borné par une limite qui est elle-même sans bornes; et quand, par ses lumières, il pourroit

reconnoître tous les élémens que la Nature emploie, quand il les auroit à sa disposition, il lui manqueroit encore la puissance de disposer du tems, et de faire entrer des siècles dans l'ordre de ses combinaisons.

Ainsi, les matières qui paroissent être les plus parfaites, sont celles qui, étant composées des parties homogènes, ont pris le plus de tems pour se consolider, se durcir, et augmenter de volume et de solidité autant qu'il est possible : toutes ces matières minérales sont figurées ; les élémens organiques tracent le plan figuré de leurs parties constituantes jusque dans les plus petits atomes, et laissent faire le reste au tems qui, toujours aidé de la force attractive, a d'abord séparé les particules hétérogènes pour réunir ensuite celles qui sont similaires, par de simples aggrégations toutes dirigées par leurs affinités. Les autres minéraux qui ne sont pas figurés, ne présentent qu'une matière brute, qui ne porte aucun trait d'organisation ; et comme la Nature va toujours par dégrés et nuances, il se trouve des minéraux mi-partis d'organique et de brut, lesquels offrent des figures irrégulières, des formes extraordinaires, des

mélanges plus ou moins assortis, et quelquefois si bizarres, qu'on a grande peine à deviner leur origine, et même à démêler leurs diverses substances.

L'ordre que nous mettrons dans la contemplation de ces différens objets, sera simple et déduit des principes que nous avons établis; nous commencerons par la matière la plus brute, parce qu'elle fait le fonds de toutes les autres matières, et même de toutes les substances plus ou moins organisées : or, dans ces matières brutes, le verre primitif est celle qui s'offre la première comme la plus ancienne, et comme produite par le feu dans le tems où la terre liquéfiée a pris sa consistance. Cette masse immense de matière vitreuse, s'étant consolidée par le refroidissement, a formé des boursouflures et des aspérités à sa surface; elle a laissé, en se resserrant, une infinité de vuides et de fentes, sur-tout à l'extérieur, lesquels se sont bientôt remplis par la sublimation ou la fusion de toutes les matières métalliques; elle s'est durcie en roche solide à l'intérieur, comme une masse de verre bien recuit se consolide et se durcit lorsqu'il n'est point exposé à l'action de l'air. La surface de ce

bloc immense s'est divisée, fêlée, fendillée, réduite en poudre, par l'impression des agens extérieurs; ces poudres de verre furent ensuite saisies, entraînées et déposées par les eaux, et formèrent dès-lors les couches de sable vitreux qui, dans ces premiers tems, étoient bien plus épaisses et plus étendues qu'elles ne le sont aujourd'hui; car une grande partie de ces débris de verre qui ont été transportés les premiers par le mouvement des eaux, ont ensuite été réunis en blocs de grès, ou décomposés et convertis en argile par l'action et l'intermède de l'eau. Ces argiles, durcies par le dessèchement, ont formé les ardoises et les schistes; et ensuite les bancs calcaires, produits par les coquillages, les madrépores et tous les détrimens des productions de la mer, ont été disposés au dessus des argiles et des schistes; et ce n'est qu'après l'établissement local de toutes ces grandes masses que se sont formés la plupart des autres minéraux.

Nous suivrons donc cet ordre, qui de tous est le plus naturel; et au lieu de commencer par les métaux les plus riches ou par les pierres précieuses, nous présenterons les matières les plus communes, et qui, quoique moins nobles en apparence,

sont néanmoins les plus anciennes, et celles qui tiennent, sans comparaison, la plus grande place dans la Nature, et méritent par conséquent d'autant plus d'être considérées, que toutes les autres en tirent leur origine.

DES VERRES PRIMITIFS.

Si l'on pouvoit supposer que le globe terrestre, avant sa liquéfaction, eût été composé des mêmes matières qu'il est aujourd'hui, qu'ayant tout à coup été saisi par le feu, toutes ces matières se fussent réduites en verre, nous aurions une juste idée des produits de la vitrification générale, en les comparant avec ceux des vitrifications particulières qui s'opèrent sous nos yeux par le feu des volcans : ce sont des verres de toutes sortes, très-différens les uns des autres par la densité, la dureté, les couleurs, depuis les basaltes et les laves les plus solides et les plus noires, jusqu'aux pierres ponces les plus blanches, qui semblent être les plus légères de ces productions de volcans. Entre ces deux termes extrêmes, on trouve tous les autres dégrés de pesanteur et de légèreté dans les laves plus ou moins compactes et plus ou moins poreuses ou mélangées ; de sorte qu'en jetant un coup d'œil sur une collection bien rangée de matières

volcaniques, on peut aisément reconnoître les différences, les dégrés, les nuances, et même la suite des effets et du produit de cette vitrification par le feu des volcans. Dans cette supposition, il y auroit eu autant de sortes de matières vitrifiées par le feu primitif que par celui des volcans, et ces matières seroient aussi de même nature que les pierres ponces, les laves et les basaltes; mais le quartz et les matières vitreuses de la masse du globe étant très-différens de ces verres de volcans, il est évident qu'on n'auroit qu'une fausse idée des effets et des produits de la vitrification générale, si l'on vouloit comparer ces matières primitives aux productions volcaniques.

Ainsi la terre, lorsqu'elle a été vitrifiée, n'étoit point telle qu'elle est aujourd'hui, mais plutôt telle que nous l'avons dépeinte à l'époque de sa formation (1); et, pour avoir une idée plus juste des effets et du produit de la vitrification générale, il faut se représenter le globe entier, pénétré de feu et fondu jusqu'au centre, et se souvenir que cette masse en fusion, tournant

(1) Voyez le tom. III de cet Ouvrage, première Epoque.

sur elle-même, s'est élevée sous l'équateur par la force centrifuge, et en même tems abaissée sous les poles; ce qui n'a pu se faire sans former des cavernes et de boursouflures dans les couches extérieures, à mesure qu'elles prennent de la consistance. Tâchons donc de concevoir de quelle manière les matières vitrifiées ont pu se disposer, et devenir telles que nous les trouvons dans le sein de la terre.

Toute la masse du globe liquéfiée par le feu ne pouvoit d'abord être que d'une substance homogène, et plus pure que celle de nos verres ou des laves de volcans, puisque toutes les matières qui pouvoient se sublimer étoient alors réléguées dans l'atmosphère avec l'eau et les autres substances volatiles : ce verre homogène et pur nous est représenté par le quartz, qui est la base de toutes les autres matières vitreuses; nous devons donc le regarder comme le verre primitif; sa substance est simple, dure et résistante à toute action des acides ou du feu; sa cassure vitreuse démontre son essence, et tout nous porte à penser que c'est le premier verre qu'ait produit la Nature.

Et, pour se former une idée de la manière

dont ce verre a pu prendre autant de consistance et de dureté, il faut considérer qu'en général le verre en fusion n'acquiert aucune solidité, s'il est frappé par l'air extérieur, et que ce n'est qu'en le laissant recuire lentement et long-tems, dans un four chaud et bien fermé, qu'on lui donne une consistance solide; plus les masses de verre sont épaisses, et plus il faut de tems pour les consolider et les recuire: or, dans le tems que la masse du globe, vitrifiée par le feu, s'est consolidée par le refroidissement, l'intérieur de cette masse immense aura eu tout le tems de se recuire et d'acquérir de la solidité et de la dureté; tandis que la surface de cette même masse, frappée du refroidissement, n'a pu, faute de recuit, prendre aucune solidité : cette surface exposée à l'action des élémens extérieurs, s'est divisée, fêlée, fendillée et même réduite en écailles, en paillettes et en poudre, comme nous le voyons dans nos verres en fusion, exposés à l'action de l'air. Ainsi le globe, dans ce premier tems, a été couvert d'une grande quantité de ces écailles ou paillettes du verre primitif, qui n'avoient pu se recuire assez pour prendre de la solidité; et ces parcelles ou paillettes du premier verre nous sont

aujourd'hui représentées par les micas et les grains décrépités du quartz, qui sont ensuite entrés dans la composition des granits et de plusieurs matières vitreuses.

Les micas n'étant, dans leur première origine, que des exfoliations du quartz frappé par le refroidissement, leur essence est au fond la même que celle du quartz : seulement la substance du mica est un peu moins simple, car il se fond à un feu très-violent, tandis que le quartz y résiste; et nous verrons dans la suite, qu'en général plus la substance d'une matière est simple et homogène, moins elle est fusible. Il paroît donc que, quand la couche extérieure du verre primitif s'est réduite en paillettes par la première action du refroidissement, il s'est mêlé à sa substance quelques parties hétérogènes, contenues dans l'air dont il a été frappé, et dès-lors la substance des micas, devenue moins pure que celle du quartz, est aussi moins réfractaire à l'action du feu.

Peu de tems avant que le quartz se soit entièrement consolidé, en se recuisant lentement sous cette enveloppe de ses fragmens décrépités et réduits en micas, le fer qui, de tous les métaux, est le plus résistant au feu, a le premier occupé les fentes qui se

formoient de distance en distance, par la retraite que prenoit la matière du quartz en se consolidant; et c'est dans ces mêmes interstices que s'est formé le jaspe, dont la substance n'est au fond qu'une matière quartzeuse, mais imprégnée de matières métalliques qui lui ont donné de fortes couleurs, et qui néanmoins n'ont point altéré la simplicité de son essence, car il est aussi infusible que le quartz : nous regarderons donc le quartz, le jaspe et le mica, comme les trois premiers verres primitifs, et en même tems comme les trois matières les plus simples de la Nature.

Ensuite et à mesure que la grande chaleur diminuoit à la surface du globe, les matières sublimées tombant de l'atmosphère se sont mêlées en plus ou moins grande quantité avec le verre primitif, et de ce mélange ont résulté deux autres verres, dont la substance, étant moins simple, s'est trouvée bien plus fusible; ces deux verres sont le feld-spath et le schorl : leur base est également quartzeuse; mais le fer et d'autres matières hétérogènes s'y trouvent mêlés au quartz, et c'est ce qui leur a donné une fusibilité à peu près égale à celle de nos verres factices.

On pourroit donc dire en toute rigueur, qu'il n'y a qu'un seul verre primitif, qui est le quartz, dont la substance modifiée par la teinture du fer a pris la forme de jaspe, et celle de mica par les exfoliations de tous deux ; et ce même quartz, avec une plus grande quantité de fer et d'autres matières hétérogènes, s'est converti en feld-spath et en schorl : c'est à ces cinq matières que la Nature paroît avoir borné le nombre des premiers verres produits par le feu primitif, et desquelles ont ensuite été composées toutes les substances vitreuses du règne minéral.

Il y a donc eu, dès ces premiers tems, des verres plus ou moins purs, plus ou moins recuits, et plus ou moins mélangés de matières différentes ; les uns composés des parties les plus fixes de la matière en fusion, et qui, comme le quartz, ont pris plus de dureté et plus de résistance au feu que nos verres et que ceux des volcans ; d'autres presque aussi durs, aussi réfractaires, mais qui, comme les jaspes, ont été fortement colorés par le mélange des parties métalliques ; d'autres qui, quoique durs, sont, comme le feld-spath et le schorl, très-aisément fusibles ; d'autres enfin comme le mica, qui, faute de recuit, étoient si spumeux et

si friables, qu'au lieu de se durcir, ils se sont éclatés et dispersés en paillettes ou réduits en poudre, par le plus petit et premier choc des agens extérieurs.

Ces verres de qualités différentes se sont mêlés, combinés et réunis ensemble en proportions différentes : les granits, les porphyres, les ophytes et les autres matières vitreuses en grandes masses, ne sont composés que des détrimens de ces cinq verres primitifs ; et la formation de ces substances mélangées a suivi de près celle de ces premiers verres, et s'est faite dans le tems qu'ils étoient encore en demi-fusion : ce sont là les premières et les plus anciennes matières de la terre ; elles méritent toutes d'être considérées à part, et nous commencerons par le quartz, qui est la base de toutes les autres, et qui nous paroît être de la même nature que la roche de l'intérieur du globe.

Mais je dois auparavant prévenir une objection qu'on pourroit me faire avec quelqu'apparence de raison. Tous nos verres factices et même toutes les matières vitreuses produites par le feu des volcans, telles que les basaltes et les laves, cèdent à l'impression de la lime, et sont fusibles aux feux de

nos fourneaux; le quartz et le jaspe, au contraire, que vous regardez, me dira-t-on, comme les premiers verres de la nature, ne peuvent ni s'entamer par la lime, ni se fondre par notre art; et de vos cinq verres primitifs, qui sont le quartz, le jaspe, le mica, le feld-spath et le schorl, il n'y a que les trois derniers qui soient fusibles, et encore le mica ne peut se réduire en verre qu'au feu le plus violent; et dès-lors les quartz et les jaspes pourroient bien être d'une essence ou tout au moins d'une texture différente de celle du verre. La première réponse que je pourrois faire à cette objection, c'est que tout ce que nous connoissons non seulement dans la classe des substances vitreuses produites par la Nature, mais même dans nos verres factices composés par l'art, nous fait voir que les plus purs et les plus simples de ces verres sont en même tems les plus réfractaires; et que, quand ils ont été fondus une fois, ils se refusent et résistent ensuite à l'action de la même chaleur qui leur a donné cette première fusion, et ne cèdent plus qu'à un dégré de feu de beaucoup supérieur : or, comment trouver un dégré de feu supérieur à un embràsement presqu'égal à celui du soleil, et

tel

tel que le feu qui a fondu ces quartz et ces jaspes? car, dans ce premier tems de la liquéfaction du globe, l'embrâsement de la terre étoit à peu près égal à celui de cet astre, et puisqu'aujourd'hui même la plus grande chaleur que nous puissions produire est celle de la réunion d'une portion presque infiniment petite de ses rayons par les miroirs ardens; quelle idée ne devons-nous pas avoir de la violence du feu primitif, et pouvons-nous être étonnés qu'il ait produit le quartz et d'autres verres plus durs et moins fusibles que les basaltes et les laves des volcans?

Quoique cette réponse soit assez satisfaisante, et qu'on puisse très-raisonnablement s'en tenir à mon explication, je pense que dans des sujets aussi difficiles, on ne doit rien prononcer affirmativement sans exposer toutes les difficultés et les raisons sur lesquelles on pourroit fonder une opinion contraire. Ne se pourroit-il pas, dira-t-on, que le quartz que vous regardez comme le produit immédiat de la vitrification générale, ne fût lui-même, comme toutes les autres substances vitreuses, que le détriment d'une matière primitive que nous ne connoissons pas, faute d'avoir pu pénétrer

à d'assez grandes profondeurs dans le sein de la terre, pour y trouver la vraie masse qui en remplit l'intérieur? L'analogie doit faire adopter ce sentiment plutôt que votre opinion; car les matières qui, comme le verre, ont été fondues par nos feux, peuvent l'être de nouveau, et par le même élément du feu, tandis que celles qui, comme le cristal de roche, l'argile blanche et la craie pure, ne sont formées que par l'intermède de l'eau, résistent, comme le quartz, à la plus grande violence du feu: dès-lors ne doit-on pas penser que le quartz n'a pas été produit par ce dernier élément, mais formé par l'eau comme l'argile et la craie pures, qui sont également réfractaires à nos feux? Et si le quartz a en effet été produit primitivement par l'intermède de l'eau, à plus forte raison le jaspe, le porphyre et les granits auront été formés par le même élément.

J'observerai d'abord que, dans cette objection, le raisonnement n'est appuyé que sur la supposition idéale d'une matière inconnue, tandis que je pars au contraire d'un fait certain, en présentant pour matière primitive les deux substances les plus simples qui se soient jusqu'ici rencontrées dans

la Nature; et je réponds, en second lieu, que l'idée sur laquelle ce raisonnement est fondé, n'est encore qu'une autre supposition démentie par les observations; car il faudroit alors que les eaux eussent non seulement surmonté les pics des plus hautes montagnes de quartz et de granit, mais encore que l'eau eût formé les masses immenses de ces mêmes montagnes par les dépôts accumulés et superposés jusqu'à leurs sommets: or, cettte double supposition ne peut ni se soutenir, ni même se présenter avec quelque vraisemblance, dès que l'on vient à considérer que la terre n'a pu prendre sa forme renflée sous l'équateur et abaissée sous les poles, que dans son état de liquéfaction par le feu, et que les boursouflures et les grandes éminences du globe ont de même nécessairement été formées par l'action de ce même élément dans le tems de la consolidation. L'eau, en quelque quantité et dans quelque mouvement qu'on la suppose, n'a pu produire ces chaînes de montagnes primitives qui font la charpente de la terre, et tiennent à la roche qui en occupe l'intérieur : loin d'avoir travaillé ces montagnes primitives dans toute l'épaisseur de leur masse, ni par conséquent d'avoir pu chan-

ger la nature de cette prétendue matière primitive, pour en faire du quartz ou des granits, les eaux n'ont eu aucune part à leur formation, car ces substances ne portent aucune trace de cette origine, et n'offrent pas le plus petit indice du travail ou du dépôt de l'eau. On ne trouve aucune production marine, ni dans le quartz, ni dans le granit, et leurs masses, au lieu d'être disposées par couches comme le sont toutes les matières transportées ou déposées par les eaux, sont, au contraire, comme fondues d'une seule pièce sans lits ni divisions que celles de fentes perpendiculaires qui se sont formées par la retraite de la matière sur elle-même dans le tems de sa consolidation par le refroidissement. Nous sommes donc bien fondés à regarder le quartz et toutes les matières en grandes masses dont il est la base, telles que les jaspes, les granits, comme des produits du feu primitif, puisqu'ils diffèrent en tout des matières travaillées par les eaux.

Le quartz forme la roche du globe; les appendices de cette roche servent de noyaux aux plus hautes éminences de la terre; le jaspe est aussi un produit immédiat du feu primitif, et il est, après le quartz, la matière

vitreuse la plus simple; car il résiste également à l'action des acides et du feu; il n'est pas tout à fait aussi dur que le quartz, et il est presque toujours fortement coloré; mais ces différences ne doivent pas nous empêcher de regarder le jaspe en grande masse comme un produit du feu, et comme le second verre primitif, puisqu'on n'y voit aucune trace de composition, ni d'autre indice de mélange que celui des parties métalliques qui l'ont coloré : du reste, il est d'une essence aussi pure que le quartz, qui lui-même a reçu quelquefois des couleurs et particulièrement le rouge du fer. Ainsi, dans le tems de la vitrification générale, les quartz et les jaspes qui en sont les produits les plus simples n'ont reçu, par sublimation ou par mixtion, qu'une petite quantité de particules métalliques dont ils sont colorés; et la rareté des jaspes, en comparaison du quartz, vient peut-être de ce qu'ils n'ont pu se former que dans les endroits où il s'est trouvé des matières métalliques, au lieu que le quartz a été produit en tous lieux. Quoi qu'il en soit, le quartz et le jaspe sont réellement les deux substances vitreuses les plus simples de la Nature, et nous

devons dès-lors les regarder comme les deux premiers verres qu'elle ait produits.

L'infusibilité, ou plutôt la résistance à l'action du feu, dépend en entier de la pureté ou simplicité de la matière; la craie et l'argile pures sont aussi infusibles que le quartz et le jaspe; toutes les matières mixtes ou composées sont au contraire très-aisément fusibles. Nous considérerons donc d'abord le quartz et le jaspe, comme étant les deux matières vitreuses les plus simples; ensuite nous placerons le mica, qui, étant un peu moins réfractaire au feu, paroît être un peu moins simple; et enfin nous présenterons le feld-spath et le schorl, dont la grande fusibilité semble démontrer que leur substance est mélangée; après quoi nous traiterons des matières composées de ces cinq substances primitives, lesquelles ont pu se mêler et se combiner ensemble deux à deux, trois à trois, ou quatre à quatre, et dont le mélange a réellement produit toutes les autres matières vitreuses en grandes masses.

Nous ne mettrons pas au nombre des substances du mélange celles qui donnent les couleurs à ces différentes matières, parce qu'il ne faut qu'une si petite quantité de

métal pour colorer de grandes masses, qu'on ne peut regarder la couleur comme partie intégrante d'aucune substance ; et c'est par cette raison que les jaspes peuvent être regardés comme aussi simples que le quartz, quoiqu'ils soient presque toujours fortement colorés. Ainsi nous présenterons d'abord ces cinq verres primitifs ; nous suivrons leurs combinaisons et leurs mélanges entre eux ; et, après avoir traité de ces grandes masses vitreuses formées et fondues par le feu, nous passerons à la considération des masses argileuses et calcaires qui ont été produites et entassées par le mouvement des eaux.

DU QUARTZ (1).

Le quartz est le premier des verres primitifs; c'est même la matière première dont on peut concevoir qu'est formée la roche intérieure du globe; ses appendices extérieurs, qui servent de base et de noyau aux plus grandes éminences de la terre, sont aussi de cette même matière primitive : ces noyaux des plus hautes montagnes se sont trouvés d'abord environnés et couverts des fragmens décrépités de ce premier verre, ainsi que des écailles du jaspe, des paillettes du mica et des petites masses cristallisées du feld-spath et du schorl, qui dès-lors ont formé par leur réunion les grandes masses de granit, de porphyre et de toutes les autres roches vitreuses composées de ces premières matières produites par le feu primitif. Les eaux n'ont agi que long-tems après sur ces mêmes fragmens et poudres de verre,

(1) Mot allemand, d'un usage général. *Quartzum* Ant. SONNINI.

pour en former les grès, les talcs, et les convertir enfin, par une longue décomposition, en argile et en schiste. Il y a donc eu d'abord à la surface du globe des sables décrépités de tous les verres primitifs, et c'est de ces premiers sables que les roches vitreuses en grande masse ont été composées; ensuite ces sables transportés par le mouvement des eaux, et réunis par l'intermède de cet élément, ont formé les grès et les talcs; et enfin ces mêmes sables, par un long séjour dans l'eau, se sont atténués, ramollis et convertis en argile. Voilà la suite des altérations et les changemens successifs de ces premiers verres; toutes les matières qui ont été formées avant que l'eau les eût pénétrées, sont demeurées sèches et dures; celles au contraire qui n'ont été produites que par l'action de l'eau, lorsque ces mêmes verres ont été imbus d'humidité, ont conservé quelque mollesse; car tout ce qui est humide est en même tems mou, c'est-à-dire, moins dur que ce qui est sec; aussi n'y a-t-il de parfaitement solide que ce qui est entièrement sec; les verres primitifs et les matières qui en sont composées, telles que les porphyres, les granits, qui toutes ont été produites par le feu, sont aussi dures que sèches;

les métaux, même les plus purs, tels que l'or et l'argent, que je regarde aussi comme des produits du feu, sont de même d'une sécheresse entière (1).

Mais toute matière ne conserve sa sécheresse et sa dureté qu'autant qu'elle est à l'abri de l'action des élémens humides, qui, dans un tems plus ou moins long, la pénètrent, l'altèrent et semblent quelquefois en changer la nature, en lui donnant une forme

(1) L'expérience m'a démontré que ces métaux ne contiennent aucune humidité dans leur intérieur.

Ayant exposé au foyer de mon miroir ardent, à 40 et 50 pieds de distance, des assiettes d'argent et d'assez larges plaques d'or, je fus d'abord un peu surpris de les voir fumer long-tems avant de se fondre; cette fumée étoit assez épaisse pour faire une ombre très-sensible sur le terrain éclairé, comme le miroir, par la lumière du soleil; elle avoit tout l'air d'une vapeur humide, et s'en tenant à cette première apparence; on auroit pu penser que ces métaux contiennent une bonne quantité d'eau; mais ces mêmes vapeurs étant interceptées, reçues et arrêtées par une plaque d'autre matière, elles l'ont dorée ou argentée : ce dernier effet démontre donc que ces vapeurs, loin d'être aqueuses, sont purement métalliques, et qu'elles ne se séparent de la masse du métal que par une sublimation causée par la chaleur du foyer auquel il étoit exposé.

extérieure toute différente de la première. Les cailloux les plus durs, les laves des volcans et tous nos verres factices se convertissent en terre argileuse par la longue impression de l'humidité de l'air; les quartz et tous les autres verres produits par la Nature, quelque durs qu'ils soient, doivent subir la même altération, et se convertir, à la longue, en terre plus ou moins analogue à l'argile.

Ainsi le quartz, comme toute autre matière, doit se présenter dans des états différens; le premier en grandes masses dures et sèches, produites par la vitrification primitive, et telles qu'on les voit au sommet et sur les flancs de plusieurs montagnes; le second de ces états est celui où le quartz se présente en petites masses brisées et décrépitées par le premier refroidissement; et c'est sous cette seconde forme qu'il est entré dans la composition des granits et de plusieurs autres matières vitreuses; le troisième enfin est celui où ces petites masses sont dans un état d'altération ou de décomposition, produit par les vapeurs de la terre ou par l'infiltration de l'eau. Le quartz primitif est aride au toucher; celui qui est altéré par les vapeurs de la terre ou par

l'eau, est plus doux; et celui qui sert de gangue aux métaux, est ordinairement onctueux; il y en a aussi qui est cassant, d'autre qui est feuilleté, etc.; mais l'un des caractères généraux du quartz, dur, opaque ou transparent, est d'avoir la cassure vitreuse, c'est-à-dire, par ondes convexes et concaves, également polies et luisantes; et ce caractère très-marqué suffiroit pour indiquer que le quartz est un verre, quoiqu'il ne soit pas fusible au feu de nos fourneaux, et qu'il soit moins transparent et beaucoup plus dur que nos verres factices; indépendamment de sa dureté, de sa résistance au feu et de sa cassure vitreuse, il prend souvent un quatrième caractère, qui est la cristallisation si connue du cristal de roche. Or le quartz dans son premier état, c'est-à-dire, en grandes masses produites par le feu, n'est point cristallisé, et ce n'est qu'après avoir été décomposé par l'impression de l'eau, que ses particules prennent, en se réunissant, la forme des prismes du cristal : ainsi, le quartz dans ce second état, n'est qu'un extrait formé par stillation, de ce qu'il y a de plus homogène dans sa propre substance.

Le cristal est en effet de la même nature

que le quartz; il n'en diffère que par sa forme et par sa transparence; tous deux frottés l'un contre l'autre deviennent lumineux; tous deux jettent des étincelles par le choc de l'acier; tous deux résistent à l'action des acides, et sont également réfractaires au feu; enfin tous deux sont à peu près de la même densité, et par conséquent leur substance est la même.

On trouve aussi du quartz de seconde formation en petites masses opaques et non cristallisées, mais seulement feuilletées et trouées, comme si cette matière de quartz eût coulé dans les interstices et les fentes d'une terre molle qui lui auroit servi de moule. Ce quartz feuilleté n'est qu'une stalactite grossière du quartz en masses, et cette stalactite est composée, comme le grès, de grains quartzeux qui ont été déposés et réunis par l'intermède de l'eau. Nous verrons, dans la suite, que ce quartz troué sert quelquefois de base aux agates et à d'autres matières du même genre.

M. de Gensanne attribue aux vapeurs de la terre, l'altération et même la production des quartz qui accompagnent les filons des métaux; il a fait sur cela de bonnes obser-

vations et quelques expériences que je ne puis citer qu'avec éloge. Il assure que ces vapeurs, d'abord condensées en concrétions assez molles, se cristallisent ensuite en quartz : « C'est, dit-il, une observation que j'ai suivie plusieurs années de suite à la mine de Cramaillot, à Planches-les-Mines en Franche-Comté ; les eaux qui suintent à travers les rochers de cette mine, forment des stalactites au ciel des travaux, et même sur les bois, qui ressemblent aux glaçons qui pendent aux toits pendant l'hyver, et qui sont un véritable quartz. Les extrémités de ces stalactites, qui n'ont pas encore pris une consistance solide, donnent une substance grenue, cristalline, qu'on écrase facilement entre les doigts ; et comme c'est un filon de cuivre, il n'est pas rare, parmi ces stalactites, d'y en voir quelques-unes qui forment de vraies malachites d'un très-beau verd. Lorsque les travaux d'une mine ont été abandonnés, et que les puits sont remplis d'eau, il n'est pas rare de trouver, au bout d'un certain tems, la surface de ces puits plus ou moins couverte d'une espèce de matière blanche cristallisée, qui est un véritable quartz, c'est-à-dire, un gurh cris-

tallisé. J'ai vu de ces concrétions qui avoient plus d'un pouce d'épaisseur (1) ».

Je ne suis point du tout éloigné de ces idées de M. de Gensanne; jusqu'à lui les physiciens n'attribuoient aucune formation réelle et solide aux vapeurs de la terre; mais ces observations et celles que M. de Lassone a faites sur l'émail des grès, semblent démontrer que, dans plusieurs circonstances, les vapeurs minérales prennent une forme solide et même une consistance très-dure.

Il paroît donc que le quartz, suivant ses différens dégrés de décomposition et d'atténuation, se réduit en grains et petites lames qui se rassemblent en masses feuilletées, et que ses stillations plus épurées produisent le cristal de roche; il paroît de même qu'il passe de l'opacité à la transparence par nuances, comme on le voit dans plusieurs montagnes, et particulièrement dans celles des Vosges, où M. l'abbé Bexon nous assure avoir observé le quartz dans plusieurs états différens; il y a trouvé des quartz opaques ou laiteux, et d'autres transparens ou demi-transparens;

(1) Histoire naturelle du Languedoc, tom. II, pag. 28 et suivantes.

les uns disposés par veines, et d'autres par blocs, et même par grandes masses, faisant partie des montagnes; et tous ces quartz sont souvent accompagnés de leurs cristaux, colorés ou non colorés. M. Guettard a observé les grands rochers de quartz blancs de Chipelu et d'Oursière (1) en Dauphiné; et il fait aussi mention des quartz des environs d'Alvard dans cette même province. M. Bowles rapporte que, dans le terrain de la Nata en Espagne, il y a une veine de quartz qui sort de la terre, s'étend à plus d'une demi-lieue, et se perd ensuite dans la montagne; il dit avoir coupé un morceau de ce quartz qui étoit à demi-transparent et presque aussi fin que du cristal de roche; il forme comme une bande ou ruban de quatre doigts de large, entre deux lisières d'un autre quartz plus obscur; et le long de cette même veine il se trouve des morceaux de quartz couverts de cristaux réguliers de couleur de lait (2). M. Guettard a trouvé de semblables cristaux sur le quartz en Auvergne; la plupart de

(1) Mémoire sur la minéralogie du Dauphiné, pag. 30 et 45.

(2) Histoire naturelle d'Espagne, par M. Bowles, tom. I, pag. 448 et 449.

ces

ces cristaux étoient transparens et quelques-uns étoient opaques, bruns et jaunâtres, ordinairement très-distingués les uns des autres, souvent hérissés de beaucoup d'autres cristaux très-petits, parmi lesquels il y en avoit plusieurs d'un beau rouge de grenat. Il en a vu de même sur les bancs de granit; et lorsque ces cristaux sont transparens et violets, on leur donne en Auvergne le nom d'*améthyste*, et celui d'*émeraude* lorsqu'ils sont verds (1). Je dois observer ici, pour éviter toute erreur, que l'améthyste est en effet un cristal de roche coloré, mais que l'émeraude est une pierre très-différente qu'on ne doit pas mettre au nombre des cristaux, parce qu'elle en diffère essentiellement dans sa composition, l'émeraude étant formée de lames superposées, au lieu que le cristal et l'améthyste sont composés de prismes réunis. Et d'ailleurs cette prétendue émeraude, ou cristal verd d'Auvergne, n'est autre chose qu'un spath-fluor, qui est, à la vérité, une substance vitreuse, mais différente du cristal.

On trouve souvent du quartz en gros blocs

(1) Mémoires de l'académie des sciences, année 1759.

détachés du sommet ou séparés du noyau des montagnes; M. Montel, habile minéralogiste, parle de semblables masses qu'il a vues dans les Cévennes, au diocèse d'Alais. « Ces masses de quartz, dit-il, n'affectent aucune figure régulière; leur couleur est blanche, et comme ils n'ont que peu de gerçures, ils n'ont été pénétrés d'aucune terre colorée; ils sont opaques, et quand on les casse, ils se divisent en morceaux inégaux, anguleux...... La fracture représente une vitrification; elle est luisante et réfléchit les rayons de lumière, sur-tout si c'est un quartz cristallin; car on en trouve quelquefois de cette espèce parmi ces gros morceaux. On ne voit point de quartz d'une forme ronde dans ces montagnes; il ne s'en trouve que dans les rivières ou dans les ruisseaux, et il n'a pris cette forme qu'à force de rouler dans le sable (1) ».

Ces quartz en morceaux arrondis et roulés que l'on trouve dans le lit et les vallées des rivières qui descendent des grandes montagnes primitives, sont les débris et les restes des veines ou masses de quartz qui

(1) Mémoires de l'académie des sciences, année 1762, pag. 639.

sont tombées de la crête et des flancs de ces mêmes montagnes, minces et en partie abattues par le tems ; et non seulement il se trouve une très-grande qnantité de quartz en morceaux arrondis dans le lit de ces rivières, mais souvent on voit sur les collines voisines, des couches entières composées de ces cailloux de quartz arrondis et roulés par les eaux (1); ces collines ou montagnes inférieures sont évidemment de seconde formation; et quelquefois ces quartz roulés s'y trouvent mêlés avec la pierre calcaire, et tous deux ont également été transportés et déposés par le mouvement des eaux.

Avant de terminer cet article du quartz, je dois remarquer que j'ai employé par-tout dans mes discours sur la Théorie de la Terre et dans ceux des Epoques de la Nature, le mot de roc vif, pour exprimer la roche quartzeuse de l'intérieur du globe et du noyau des montagnes ; j'ai préféré le nom de roc vif à celui du quartz, parce qu'il présente une idée plus familière et plus étendue, et que cette expression, quoique

(1) Histoire naturelle d'Espagne, par M. Bowles, pag. 179 et 188.

moins précise, suffisoit pour me faire entendre; d'ailleurs j'ai souvent compris sous la dénomination de roc vif, non seulement le quartz pur, mais aussi le quartz mêlé de mica, les jaspes, porphyres, granits, et toutes les roches vitreuses en grandes masses que le feu ne peut calciner, et qui, par leur dureté, étincellent avec l'acier. Les rocs vitreux primitifs diffèrent des rochers calcaires, non seulement par leur essence, mais aussi par leur disposition; ils ne sont pas posés par bancs ou par couches horizontales, mais ils sont en pleines masses comme s'ils étoient fondus d'une seule pièce (1); autre preuve qu'ils ne tirent pas leur origine du transport et du dépôt des eaux. La dénomination générique du roc vif suffisoit aux objets généraux que j'avois à traiter; mais aujourd'hui qu'il faut entrer dans un plus grand détail, nous ne parlerons du roc vif que pour le comparer quelquefois à la roche morte, c'est-à-dire, à ce même

(1) « Dans les plus hautes montagnes, on ne rencontre point le roc par bancs; il est solide par-tout, et comme s'il étoit fondu d'une pièce ». (Instruction sur l'Art des mines, par M. Delius, traduite de l'allemand, tom. I, pag. 7.)

roc, quand il a perdu sa dureté et sa consistance par l'impression des élémens humides à la surface de la terre, ou lorsqu'il a été décomposé dans son sein par les vapeurs minérales.

Je dois encore avertir que, quand je dis et dirai que le quartz, le jaspe, l'argile pure, la craie et d'autres matières sont infusibles, et qu'au contraire le feld-spath, le schorl, la glaise ou argile impure, la terre limoneuse et d'autres matières sont fusibles, je n'entends jamais qu'un dégré relatif de fusibilité ou d'infusibilité; car je suis persuadé que tout dans la Nature est fusible, puisque tout a été fondu, et que les matières qui, comme le quartz et le jaspe, nous paroissent les plus réfractaires à l'action de nos feux, ne résisteroient pas à celle d'un feu plus violent. Nous ne devons donc pas admettre en histoire naturelle ce caractère d'infusibilité dans un sens absolu, puisque cette propriété n'est pas essentielle, mais dépend de notre art et même de l'imperfection de cet art, qui n'a pu nous fournir encore les moyens d'augmenter assez la puissance du feu, pour refondre quelques-unes de ces mêmes matières fondues par la Nature.

Nous avons dit ailleurs (1) que le feu s'employoit de trois manières, et que, dans chacune, les effets et le produit de cet élément étoient très-différens : la première de ces manières est d'employer le feu en grand volume, comme dans les fourneaux de reverbère pour la verrerie et pour la porcelaine; la seconde, en plus petit volume, mais avec plus de vîtesse au moyen des soufflets ou des tuyaux d'aspiration ; et la troisième, en très-petit volume, mais en masse concentrée au foyer des miroirs. J'ai éprouvé, dans un fourneau de glacerie (2), que le feu en grand volume ne peut fondre la mine de fer en grains, même en y ajoutant des fondans (3) ; et néanmoins le feu, quoiqu'en moindre volume, mais animé par l'air des soufflets, fond cette même mine de fer sans addition d'aucun fondant. La troisième manière par laquelle on concentre le volume du feu au foyer des miroirs ardens, est la plus puissante et en même tems la plus

(1) Volume quatrième de cet ouvrage, pag. 254 et suivantes.

(2) A Rouelle en Bourgogne, où il se fait de très-belles glaces.

(3) Tom. IV, pag. 271.

sûre de toutes, et l'on verra, si je puis achever mes expériences au miroir à échelons, que la plupart des matières regardées jusqu'ici comme infusibles, ne l'étoient que par la foiblesse de nos feux. Mais, en attendant cette démonstration, je crois qu'on peut assurer, sans craindre de se tromper, qu'il ne faut qu'un certain dégré de feu pour fondre ou brûler, sans aucune exception, toutes les matières terrestres de quelque nature qu'elles puissent être; la seule différence, c'est que les substances pures et simples sont toujours plus réfractaires au feu que dans les matières composées, parce que, dans tout mixte, il y a des parties que le feu saisit et dissout plus aisément que les autres; et ces parties, une fois dissoutes, servent de fondant pour liquéfier les premières.

Nous exclurons donc de l'histoire naturelle des minéraux, ce caractère d'infusibilité absolue, d'autant que nous ne pouvons le connoître que d'une manière relative, même équivoque, et jusqu'ici trop incertaine pour qu'on puisse l'admettre; et nous n'emploîrons, 1° que celui de la fusibilité relative; 2° le caractère de la calcination ou non calcination avant la fusion, caractère

beaucoup plus essentiel, et par lequel on doit établir les deux grandes divisions de toutes les matières terrestres, dont les unes ne se convertissent en verre qu'après s'être calcinées, et dont les autres se fondent sans se calciner auparavant ; 3° le caractère de l'effervescence avec les acides, qui accompagne ordinairement celui de la calcination ; et ces deux caractères suffisent pour nous faire distinguer les matières vitreuses des substances calcaires ou gypseuses ; 4° celui d'étinceler ou faire feu contre l'acier trempé, et ce caractère indique, plus qu'aucun autre, la sécheresse et la dureté des corps ; 5° la cassure vitreuse, spathique, terreuse ou grenue, qui présente à nos yeux la texture intérieure de chaque substance ; 6° enfin, les couleurs qui démontrent la présence des parties métalliques dont les différentes matières sont imprégnées. Avec ces six caractères nous tâcherons de nous passer de la plupart de ceux que les chymistes ont employés ; ils ne serviroient ici qu'à confondre les productions de la Nature avec celles d'un art qui quelquefois, au lieu de l'analyser, ne fait que la défigurer ; le feu n'est pas un simple instrument, dont l'action soit bornée à diviser ou dissoudre

les matières; le feu est lui-même une matière qui s'unit aux autres, et qui en sépare et enlève les parties les moins fixes; en sorte qu'après le travail de cet élément, les caractères naturels de la plupart des substances sont ou détruits ou changés, et que souvent même l'essence de ces substances en est entièrement altérée.

Le naturaliste, en traitant des minéraux, doit donc se borner aux objets que lui présente la Nature, et renvoyer aux artistes tout ce que l'art a produit; par exemple, il décrira les sels qui se trouvent dans le sein de la terre, et ne parlera des sels formés dans nos laboratoires, que comme d'objets accessoires et presque étrangers à son sujet; il traitera de même des terres argileuses, calcaires, gypseuses et végétales, et non des terres qu'on doit regarder comme artificielles, telles que la terre alumineuse, la terre sedlitienne, et nombre d'autres qui ne sont que des produits de nos combinaisons; car, quoique la Nature ait pu former, en certaines circonstances, tout ce que nos arts semblent avoir créé, puisque toutes les substances et même les élémens sont convertibles par

ses seules puissances (1), et que, pourvue de tous les principes, elle ait pu faire tous les mélanges ; nous devons d'abord nous borner à la saisir par les objets qu'elle nous présente, et nous en tenir à les exposer tels qu'ils sont, sans vouloir la surcharger de toutes les petites combinaisons secondaires que l'on doit renvoyer à l'histoire de nos arts.

---

(1) Voyez le discours sur les Elémens, tom. IV.

DU JASPE (1).

LE jaspe n'est qu'un quartz plus ou moins énétré de parties métalliques ; elles lui onnent les couleurs et rendent sa cassure ioins nette que celle du quartz; il est aussi lus opaque ; mais comme, à la couleur près, e jaspe n'est composé que d'une seule subtance, nous croyons qu'on peut le regarder omme une sorte de quartz, dans lequel il 'est entré d'autre mélange que des vapeurs iétalliques ; car, du reste, le jaspe, comme quartz, résiste à l'action du feu et à celle es acides ; il étincelle de même avec l'acier, t s'il est un peu moins dur que le quartz, n peut encore attribuer cette différence à grande quantité de ces mêmes parties mé-lliques dont il est imprégné (2). Le quartz,

(1) En hébreu, *jaspè*. En grec, *ïaspis*. En latin, *spis*. En italien, *jaspide*. En russe, *yaschuca*. — *ispis. Petrosilex lapideus*. Waller.— *Silex rupestris, idis, solidus*. Lin. SONNINI.

(2) Le jaspe, selon M. Démeste, n'est qu'une sorte

le jaspe, le mica, le feld-spath et le schorl doivent être regardés comme les seuls verres primitifs; toutes les autres matières vitreuses en grandes masses, telles que les porphyres, les granits et les grès, ne sont que des mélanges ou des débris de ces mêmes verres qui ont pu, en se combinant deux à deux, former dix matières différentes (1), et combinées trois à trois, ont de même pu former encore dix autres matières (2), et enfin combinées quatre à quatre ou mêlées toutes cinq

---

de quartz : « Les jaspes, dit-il, sont des masses quartzeuses, opaques, très-dures, et qui varient beaucoup par les couleurs; ils se rencontrent par filons, et forment même quelquefois des rochers fort considérables : le jaspe a presque toujours un œil gras et luisant à sa surface ». (Lettres à M. le docteur Bernard, tom. I, pag. 450.)

(1) 1°. Quartz et jaspe; 2° quartz et mica, 3° quartz et feld-spath; 4° quartz et schorl; 5° jaspe et mica; 6° jaspe et feld-spath; 7° jaspe et schorl, 8° mica et feld-spath; 9° mica et schorl; 10° feld-spath et schorl.

(2) 1°. Quartz, jaspe et mica; 2° quartz, jaspe et feld-spath; 3° quartz, jaspe et schorl; 4° quartz, mica et feld-spath; 5° quartz, mica et schorl; 6° quartz feld-spath et schorl; 7° jaspe, mica et feld-spath 8° jaspe, mica et schorl; 9° jaspe, feld-spath et schorl; 10° mica, feld-spath et schorl.

ensemble, ont encore pu former cinq matières différentes (1).

Quoique tous les jaspes aient la cassure moins brillante que celle du quartz, ils reçoivent néanmoins également le poli dans tous les sens; leur tissu très-serré a retenu les atomes métalliques dont ils sont colorés, et les métaux ne se trouvant en grande quantité qu'en quelques endroits du globe, il n'est pas surprenant qu'il y ait dans la Nature beaucoup moins de jaspe que de quartz; car il falloit, pour former les jaspes, cette circonstance de plus, c'est-à-dire, un grand nombre d'exhalaisons métalliques, qui ne doivent être sublimées que dans les lieux abondans en métal : l'on peut donc présumer que c'est par cette raison qu'il y a beaucoup moins de jaspes que de quartz, et qu'ils sont en masses moins étendues.

Mais de la même manière que nous avons

---

(1) 1°. Quartz, jaspe, mica et feld-spath; 2° quartz, jaspe, mica et schorl; 3° quartz, jaspe, feld-spath et schorl; 4° jaspe, mica, feld-spath et schorl; 5° enfin, quartz, jaspe, mica, feld-spath et schorl; en tout vingt-cinq combinaisons ou matières différentes.

distingué deux états dans le quartz, l'un très-ancien produit par le feu primitif, et l'autre plus nouveau occasionné par la stillation des eaux; de même nous distinguerons deux états dans le jaspe; le premier, où comme le quartz, il a été formé en grandes masses (1) dans le tems de la vitrification générale; et le second, où la stillation des eaux a produit de nouveaux jaspes aux dépens des premiers, et ces nouveaux jaspes

(1) M. Ferber a vu à Florence, dans le cabinet de M. Targioni Tozzetti, du jaspe rouge sanguin, veiné de blanc, provenant de Barga, dans les Apennins de la Toscane, où des couches considérables, et même des montagnes entières sont, dit-il, formées de jaspe.

Les murs de la capella di San-Lorenzo, à Florence, sont revêtus de très-belles et grandes plaques de ce jaspe, qui prend très-bien le poli.

Un peu au dessous du château de Montieri, dans le pays de Sienne, est la montagna di Montieri, formée de schiste micacé; on y trouve d'anciennes minières d'argent, de cuivre et de plomb, et une grande couche, au moins de trois toises d'épaisseur, d'un gros jaspe rouge, qui s'étend jusqu'au castello di Gerfalco; mais ce lit étant composé de plusieurs petites couches minces qui ont beaucoup de fentes, on ne peut pas s'en servir. (Lettres sur la minéralogie, etc., pag. 109.)

étant des extraits du jaspe primitif, comme le cristal de roche est un extrait du quartz, ils sont, pour la plupart, encore plus purs et d'un grain plus fin que celui dont ils tirent leur origine; mais nous devons renvoyer à des articles particuliers l'examen des cristaux de roche et des autres pierres vitreuses, opaques ou transparentes, que nous ne regardons que comme des stalactites du quartz, du jaspe et des autres matières primitives (1); ces substances secondaires, quoique de même nature que les premières, n'ayant été produites que par l'intermède de l'eau, ne doivent être considérées qu'après

---

(1) *Nota.* Le jaspe rouge, dans lequel M. Ferber dit avoir vu des coquilles pétrifiées, est certainement un de ces jaspes de seconde formation. Voyez ses Lettres sur la minéralogie, etc., pag. 19; il s'explique lui-même de manière à n'en laisser aucun doute. « La superficie des montagnes *calcaires* des environs de Brescia, dit-il, pag. 33, est composée de petites couches, dans lesquelles on découvre du jaspe, de la pierre à fusil de couleur rouge et noire; on nomme ces couches la *scaglia*: c'est dans ces environs qu'on vient de trouver des coquilles pétrifiées dans du jaspe rouge mêlé de quartz ». Ce jaspe, produit dans des couches calcaires, est une stillation vitreuse, comme le silex avec lequel il se trouve. (Voyez les mêmes Lettres sur la minéralogie.)

avoir examiné les matières dont elles tirent leur origine, et qui ont été formées par le feu primitif. Je ne vois donc, dans toute la Nature, que le quartz, le jaspe, le mica, le feld-spath et le schorl, qu'on puisse regarder comme des matières simples ou presque simples, et auxquelles on peut ajouter encore le grès pur, qui n'est qu'une aggrégation de grains quartzeux, et le talc, qui de même n'est composé que de paillettes micacées. Nous séparons donc de ces verres primitifs, tous leurs produits secondaires, tels que les cailloux, agates, cornalines, sardoines, jaspe-agatés et autres pierres opaques ou demi-transparentes, ainsi que les cristaux de roche et les pierres précieuses, parce qu'elles doivent être mises dans la classe des substances de dernière formation.

Le jaspe primitif a été produit par le feu presque en même tems que le quartz, et la Nature montre elle-même, en quelques endroits, comment elle a formé le jaspe dans le quartz. « On voit dans les Vosges Lorraines, dit un de nos habiles naturalistes (1),

(1) M. l'abbé Bexon, grand chantre de la Sainte-Chapelle de Paris.

une

une montagne où le jaspe traverse et serpente entre les masses de quartz par larges veines sinueuses, qui représentent les soupiraux par lesquels s'exhaloient les sublimations métalliques; car toutes ces veines sont diversement colorées; et par-tout où elles commencent à prendre des couleurs, la pâte quartzeuse s'adoucit et semble se fondre en jaspe; en sorte qu'on peut avoir, dans le même échantillon, et la matière quartzeuse et le filon jaspé. Ces veines de jaspe sont de différentes dimensions; les unes sont larges de plusieurs pieds, et les autres seulement de quelques pouces; et partout où la veine n'est pas pleine, mais laisse quelques bouillons ou interstices vuides, on voit de belles cristallisations dont plusieurs sont colorées. On peut contempler en grand ces effets de la Nature dans cette belle montagne; elle est coupée à pic par différens groupes, sur trois et quatre cents pieds de hauteur; et sur ses flancs couverts d'énormes quartiers rompus et entassés, comme de vastes ruines, s'élèvent encore d'énormes pyramides de ce même rocher, tranché et mis à pic du côté du vallon. Cette montagne, la dernière des Vosges Lorraines, sur les confins de la Franche-Comté, à

l'entrée du canton nommé le *Valdajol* (1), fermoit en effet un vallon très-profond, dont les eaux, par un effort terrible, ont rompu la barrière de roche, et se sont ouvert un passage au milieu de la masse de la montagne, dont les hautes ruines sont suspendues de chaque côté. Au fond coule un torrent, dont le bruit accroît l'émotion qu'inspirent l'aspect menaçant et la sauvage beauté de cet antique temple de la Nature, l'un des lieux du monde peut-être où l'on peut voir une des plus grandes coupes d'une montagne vitreuse, et contempler plus en grand le travail de la Nature dans ces masses primitives du globe (2) ».

On trouve, en Provence comme en Lorraine, de grandes masses de jaspe, particulièrement dans la forêt de l'Esterelle; il s'en trouve encore plus abondamment en Allemagne, en Bohême, en Saxe, et notamment

(1) Les gens du pays nomment la montagne *Chanaroux*, et sa vallée *les Vargottes;* elle est située à deux lieues, au midi, de la ville de Remiremont, et une lieue, à l'orient, du bourg de Plombières, fameux par ses eaux minérales chaudes.

(2) Mémoires sur l'histoire naturelle de la Lorraine, communiqués par M. l'abbé Bexon.

à Freyberg (1). J'en ai vu des tables de trois pieds de longueur, et l'on m'a assuré qu'on en avoit tiré des morceaux de huit à neuf pieds dans une carrière de l'archevêché de Saltzbourg.

Il y a aussi des jaspes en Italie (2), en

---

(1) On admire, dans une salle du trésor royal de Dresde, dit M. Keysler, un dessus de table d'un jaspe traversé de belles veines de cristal et d'améthyste; ce jaspe se trouve à quatre milles de Dresde, dans le territoire de Freyberg; il n'y a que peu d'années qu'on le reconnut pour ce qu'il est; autrefois les paysans se servoient souvent de pierres semblables pour faire les murs dont ils ont coutume d'entourer quelques-unes de leurs terres. (Journal étranger; mois d'octobre 1715, pag. 166.)

(2) On trouve dans les églises, dans les palais et les cabinets d'antiquité de Rome et d'autres villes d'Italie :

1°. Le *diaspro sanguigno* ou *heliotropio*, qui est oriental; il est verd, avec de petites taches couleur de sang.

2°. *Diaspro rosso :* on tire la majeure partie de ce jaspe de la Sicile, et de Barga en Toscane; il y en a très-peu qui soit antique.

3°. *Diaspro giallo :* il est brun jaunâtre, avec de petites veines ondulées, vertes et blanches.

4°. *Diaspro fiorito reticellato :* il est très-beau; le fond est blanc, transparent, agatisé, avec des taches

Pologne aux environs de Varsovie et de Grodno (1), et dans plusieurs autres contrées de l'Europe. On en retrouve en Sibérie; il y a même près d'Argun (2) une montagne

brunes foncées, plus ou moins grandes, irrégulières, et des raies ou rubans de la même couleur : les taches sont entourées d'une ligne blanche opaque, couleur de lait, et quelquefois jaune. On voit, dans la belle maison de campagne de Mondragone et autre part, de très-belles tables composées de plusieurs petits morceaux réunis de cette espèce de pierre ; elle est antique et très-rare : on a aussi du *diaspro fiorito* de Sicile, d'Espagne et de Constantinople, qui ressemble au *diaspro fiorito reticellato.* (Lettres sur la minéralogie, par M. Ferber, pages 335 et 336.)

(1) Mémoires de M. Guettard, dans ceux de l'académie des sciences, année 1762, pag. 243.

(2) « Il y a en Sibérie une montagne de jaspe, située sur un faux bras de l'Argun ; nous montâmes cette montagne avec beaucoup de peine, parce qu'elle est fort rapide : elle est composée d'un beau jaspe verd, mais elle est fort entremêlée de pierres sauvages, et l'on trouve rarement des morceaux de trois livres pesant, qui soient sans crevasses et purs : car, quoiqu'on rencontre quelquefois des morceaux d'un à deux pieds, ils se fendent en long et en large, étant exposés pendant quelques jours au grand air. On s'est donné jusqu'à présent bien des peines inutiles pour trouver de plus gros morceaux, dont on

entière de jaspe verd; enfin on a reconnu des jaspes jusqu'en Groenland (1). Quelques voyageurs m'ont dit qu'il y en a des montagnes entières dans la haute Egypte, à quelques lieues de distance de la rive orientale du Nil. Il s'en trouve dans plusieurs endroits des grandes Indes, ainsi qu'à la Chine (2), et

pût faire des colonnes, des tables, etc.; il semble, par la même raison, qu'on n'a guère d'espérance d'être plus heureux dans la suite; on voit sur toute la montagne, par-ci par-là, des carrières dont on a tiré anciennement plusieurs milliers de livres de cette pierre précieuse ». (Voyage en Sibérie, par M. Gmelin, tom. II, pag. 81.)

(1) M. Crantz a vu, dans les montagnes du Groenland, du jaspe, soit jaune, soit rouge, avec des veines d'une blancheur transparente. (Histoire générale des Voyages, tom. XIX, pag. 29.)

(2) Le jaspe est fort recherché à la Chine... on en fait des vases.... et diverses sortes de bijoux.... ce jaspe se nomme *thuse* dans le pays. On en distingue de deux espèces, dont l'une, qui est précieuse, est une sorte de gros cailloux qui se pêche dans la rivière de Kotan, près de la ville royale de Kasghar... l'autre sorte se tire des carrières pour être sciée en pièces d'environ deux pouces de large. (Histoire générale des Voyages, tom. VII, pag. 415.) — Les montagnes de Tsengar, situées à l'une des extrémités septentrionales du Japon, fournissent des cornalines et du jaspe. (Ibid. tom. X, pag. 656.)

dans d'autres provinces de l'Asie; on en a vu de même en assez grande quantité et de plusieurs couleurs différentes dans les hautes montagnes de l'Amérique (1).

(1) Entre les minéraux de la Nouvelle Espagne, on vante une espèce de jaspe que les mexicains nomment *eztetl*, de couleur d'herbe, avec quelques petites taches de sang..... il s'en trouve une autre qu'ils appellent *iztlia*, *yotliquatzalitztli*, moucheté de blanc.... une troisième, nommée *tliayctic*, de couleur plus obscure et sans taches, mais plus pesante, qui, appliquée sur le nombril, guérit les plus douloureuses coliques (ceci est vraisemblablement le jade, qu'on a nommé *pierre néphrétique*)..... Les montagnes de Contacomapa et de Gualtepeque, à peu de distance de Chiaulta, au Mexique, fournissent un beau jaspe verd qui approche du porphyre. (Histoire générale des Voyages, tome XII, page 656)....... Le gouvernement de Sainte-Marthe a des carrières de jaspe et de porphyre, qui se trouvent dans la province de Tairona. (Ibid. tom. XIV, pag. 405.) (*)

(*) Parmi les jaspes du Chili, il y a le beau jaspe rouge d'une seule couleur, le verd, le gris, le blanc et le lapis parfait. On pourroit encore y ajouter les jaspes qui ont plusieurs couleurs, tels sont le gris tacheté de noir, le blanchâtre varié de jaune et de bleu, et le jaune à taches bleues, rouges et grises. (Histoire naturelle du Chili, par Molina, traduction française, pag. 54.)

Plusieurs jaspes sont d'une seule couleur, verte, rouge, jaune, grise, brune, noir et même blanche, et d'autres sont mélangés de ces diverses couleurs; on les nomme *jaspes tachés*, *jaspes veinés*, *jaspes fleuris*, etc. Les jaspes verds et les rouges sont les plus communs; le plus rare est le jaspe sanguin, qui est d'un beau verd foncé avec de petites taches d'un rouge vif, et semblable à des gouttes de sang, et c'est, de tous les jaspes, celui qui reçoit le plus beau poli. Le jaspe d'un beau rouge est aussi fort rare, et il y en a de seconde formation, puisqu'un morceau de ce jaspe rouge, cité par M. Ferber, contenoit des impressions de coquilles (1). Tous les jaspes qui ne sont pas purs et simples, et qui sont mélangés de matières étrangères, sont aussi de seconde formation, et l'on ne doit pas les confondre avec ceux qui ont été produits par le

(1) « Le P. Vigo, dominicain à Morano, près de Venise, me fit voir, outre les coquilles pétrifiées dans du jaspe rouge mêlé de quartz des environs de Brescia....... des pétrifications et impressions de cornes d'ammon, dans une pierre de corne ou pierre à fusil grise de l'île de Cérigo, dans l'Archipel, qui appartient aux vénitiens ». (Lettres sur la minéralogie, par M. Ferber, pag. 33.)

feu primitif, lesquels sont d'une substance uniforme, et ne sont ordinairement que d'une seule couleur dans toute l'épaisseur de leur masse (1).

---

(1) Voici les différentes variétés du jaspe, établies sur la différence des couleurs. Le tableau que l'on en trouvera ici avec plaisir, est extrait de la Sciagraphie de Bergman, traduite et augmentée par Delamétherie, l'un de nos plus savans géologues.

1°. Jaspe verd. Il est d'un verd plus ou moins clair : c'est le moins pesant et le moins dur des jaspes; il l'est beaucoup moins que le quartz. On en trouve en Bohême, en Silésie, en Sibérie, sur les bords de la mer Caspienne.

2°. Jaspe rouge. Sa couleur varie du rouge pourpre au rouge tendre; il n'est pas en aussi grande quantité, ni en aussi grande masse que le jaspe verd. On en trouve dans plusieurs des anciennes montagnes; c'est à cette variété qu'appartient le *diaspro rosso* des italiens.

3°. Jaspe jaune. Il est tantôt d'un jaune citron, tantôt d'un jaune de térébenthine; il est très-rare, et on ne l'a trouvé encore qu'à Freyberg et à Rochlitz : quelquefois il renferme des grenats; d'autres fois, des filamens soyeux : on le nomme alors *jaspe soyeux*.

4°. Jaspe brun. Sa couleur est peu agréable, et ressemble à celle du porphyre rouge. On en trouve en Dalécarlie, en Finlande et en Suède.

5°. Jaspe violet. On en trouve en Sibérie.

6°. Jaspe noir. C'est le *parangone nigro* des italiens;

Le jade, que plusieurs naturalistes ont regardé comme un jaspe, me paroît appro-

---

on en trouve en Suède, en Saxe et en Finlande.

7°. Iaspe gris. Il tire quelquefois sur le bleu céleste; cette espèce est très-rare.

8°. Jaspe blanchâtre. Sa couleur est blanche et laiteuse; Pline en parle; on le trouve en Dalécarlie.

9°. Jaspe nué. Il contient des nuances vertes, rouges et jaunes.

10°. Jaspe sanguin. Il est d'un verd obscur, parsemé de taches rouges très-vives, de couleur de sang; le plus beau vient d'Egypte.

11°. Jaspe veiné. Il contient des veines d'une couleur différente du fond; ces veines sont blanches, quelquefois bleues et le plus souvent noires. On en trouve qui contiennent des figures qui ressemblent à des lettres; on les nomme *jaspes grammatiques*. Les pavés de la Rochelle qui contiennent plusieurs de ces figures, sont nommés *poli-grammatiques*.

12°. Jaspe onix. Les couleurs variées de ce jaspe sont disposées distinctement par zones. On en trouve en Sibérie.

13°. Jaspe fleuri. On a donné le nom de *jaspe fleuri* à celui qui est composé de plusieurs couleurs, tantôt mélangées sans ordre, et tantôt distinctes et séparées par des intervalles irréguliers.

14°. Jaspe universel. C'est lui qui contient un très-grand nombre de couleurs.

15°. Jaspe agate. C'est celui qui est mêlé avec des

cher beaucoup plus de la nature du quartz (1); il est aussi dur; il étincelle de même par le choc de l'acier; il résiste également aux acides, à la lime et à l'action du feu; il a aussi un peu de transparence; il est doux au toucher et ne prend jamais qu'un poli gras (2). Tous ces caractères conviennent mieux au quartz qu'au jaspe, d'autant plus que tous les jades des grandes Indes et de la Chine sont blancs ou blanchâtres comme le quartz, et que de ces jades blancs au

---

parties d'agate; si au contraire l'agate domine, c'est alors une agate jaspée.

Nota. On doit placer, après le jaspe, le *sinople* qui n'est qu'un jaspe commun, dont la pâte est moins fine que celle des autres. SONNINI.

(1) M. de Saussure dit avoir remarqué dans certains granits, que le quartz *y semble changer de nature, devenir plus dense et plus compact, et prendre par gradation les caractères du jade.* Voyages dans les Alpes, tom. I, pag. 104.

(2) *Nota.* L'*igiada* des minéralogistes italiens paroît être une espèce de jade; mais, si cela est, M. Ferber a tort de regarder l'*igiada* comme un produit de la pierre ollaire verte : il y auroit bien plus de raison de regarder la pierre ollaire comme une décomposition de la substance du jade en pâte argileuse. (Voyez Ferber, pag. 119.)

jade verd, on trouve toutes les nuances du blanc au verdâtre et au verd. On a donné à ce jade verd le nom de *pierre des Amazones*, parce qu'on le trouve en grande quantité dans ce fleuve qui descend des hautes montagnes du Pérou, et entraîne ces morceaux de jade avec les débris du quartz et des granits qui forment la masse de ces montagnes primitives (1).

(1) M. de Saussure est le premier qui ait trouvé le jade en Europe; jusqu'à lui, cette pierre demi-transparente n'étoit connue que par des morceaux travaillés et apportés des Indes et de l'Amérique.

SONNINI.

DU MICA (1)

ET

DU TALC (2).

Le mica est une matière dont la substance est presque aussi simple que celle du quartz et du jaspe, et tous trois sont de la même

(1) En grec, *psomisma, psichè et psichion*. En latin, *mica*, miette, parce que cette substance ne se présente ordinairement qu'en petites masses. (Delamétherie, Manuel du minéralogiste.) En allemand, *glimmer*. En russe, *glimer* et *dresra*. En italien, *mica*. En espagnol, *miraja*. — *Mica argirites knudmanni*, Waller. — Talc en petites lames. (Daubenton, Tabl. méthod. des minér.)

Sonnini.

(2) Talc commun, verre de Moscovie. En latin, *talcum*. En allemand, *talk*. En russe, *slinda*. — *Mica membranacea pellucidissima flexilis alba. Vitrum moscovitum. Vitrum ruthmiticum. Argyrolithos. Glacies marina.* Waller. — Talc en grandes feuilles, talc de Moscovie. (Daubenton, Tableau méthod. des Minéraux.) Sonnini.

essence. La formation du mica est contemporaine à celle de ces deux premiers verres; il ne se trouve pas comme eux en grandes masses solides et dures, mais presque toujours en paillettes et en petites lames minces et disséminées dans plusieurs matières vitreuses; ces paillettes de mica ont ensuite formé les talcs qui sont de la même nature, mais qui se présentent en lames beaucoup plus étendues. Ordinairement les matières en petit volume proviennent de celles qui sont en grandes masses; ici c'est le contraire; le talc en grand volume ne se forme que des parcelles du mica qui a existé le premier, et dont les particules étant réunies par l'intermède de l'eau, ont formé le talc, comme le sable quartzeux s'est réuni par le même moyen pour former le grès.

Ces petites parcelles de mica n'affectent que rarement une forme de cristallisation; et comme le talc réduit en petites particules devient assez semblable au mica, on les a souvent confondus, et il est vrai que les talcs et les micas ont à peu près les mêmes qualités intrinsèques : néanmoins ils diffèrent en ce que les talcs sont plus doux au toucher que les micas, et qu'ils se trouvent en grandes lames, et quelquefois en

couches d'une certaine étendue; au lieu que les micas sont toujours réduits en parcelles, qui, quoique très-minces, sont un peu rudes ou arides au toucher. On pourroit donc dire qu'il y a deux sortes de mica, l'un produit immédiatement par le feu primitif, l'autre d'une formation bien postérieure et provenant des débris mêmes du talc dont il a les propriétés; mais tout talc paroît avoir commencé par être mica; cette douceur au toucher, qui fait la qualité spécifique et la différence du talc au mica, ne vient que de la plus grande atténuation de ses parties, par la longue impression des élémens humides. Le mica est donc un verre primitif en petites lames et paillettes très-minces, lesquelles d'une part ont été sublimées par le feu ou déposées dans certaines matières, telles que les granits au moment de leur consolidation; et qui, d'autre part, ont ensuite été entraînées par les eaux et mêlées avec les matières molles, telles que les argiles, les ardoises et les schistes.

Nous avons dit, dans les volumes précédens (1), que le verre long-tems exposé à l'air, s'irise et s'exfolie par petites lames

(1) Tome I, pag. 573.

minces, et qu'en se décomposant il produit une sorte de mica, qui d'abord est assez aigre, et devient ensuite doux au toucher, et enfin se convertit en argile. Tous les verres primitifs ont dû subir ces mêmes altérations, lorsqu'ils ont été très-long-tems exposés aux élémens humides, et il en résulte des substances nouvelles, dont quelques-unes ont conservé les caractères de leur première origine; les micas en particulier, lorsqu'ils ont été entraînés par les eaux, ont formé des amas et même des masses en se réunissant; ils ont produit les talcs, quand ils se sont trouvés sans mélange, ou bien ils se sont réunis pour faire corps aveo des matières qui leur sont analogues; ils ont alors formé des masses plus ou moins tendres (1); le crayon noir

(1) « On trouve dans les cantons de Mandagoust, du Vigan, etc., qui font partie des Cévennes, des micas de différentes sortes, savoir; le jaune, le noir et le blanc............. Ils sont unis, pour la plupart, à différens granits et à une pierre très-dure, qui est une espèce de schiste, qui se trouve abondamment dans le lit d'une petite rivière qui passe au village de Costubayne, paroisse de Mandagoust. Le mica, joint à cette pierre, est tout blanc et fort transparent; il donne à la pierre un brillant fort

ou molybdène, la craie de Briançon, la craie d'Espagne, les pierres ollaires, les stéatites sont toutes composées de particules micacée qui ont pris de la solidité; et l'on trouve aussi des micas en masses pulvérulentes, et dans lesquelles les paillettes micacées, ne sont point aglutinées et ne forment pas des blocs solides. « Il y a, dit M. l'abbé Bexon, des amas assez considérables de cette sorte de micas au dessous de la haute chaîne des Vosges, dans des montagnes subalternes; toutes composées de débris éboulés des grandes montagnes de granits qui sont derrière et au dessus. Ces amas de micas en paillettes ne forment que des veines courtes et sans suite, ou des sacs isolés; le mica y est en parcelles sèches et de différentes couleurs, souvent aussi brillantes que l'or et l'argent, et on le distribue dans le pays sous le nom de *poudre dorée*, pour servir de poussière à mettre sur l'écriture.

---

agréable dans sa cassure; on pourroit, à cause de la dureté de cette pierre et du beau poli qu'elle prend, en faire tout ce qu'on fait avec nos marbres, et avec plus d'avantage, attendu qu'elle n'est pas calcinable, ne faisant aucune effervescence avec les acides ». (Mémoires de l'académie des sciences, année 1768, pag. 346.)

J'ai

» J'ai saisi, continue cet ingénieux observateur, la nuance du mica au talc sur des morceaux d'un granit de seconde formation, remplis de paquets de petites feuilles talqueuses, empilées comme celles d'un livre; et l'on peut dire que ces feuilles sont de *grand mica* ou de *petit talc*; car elles ont depuis un demi-pouce jusqu'à un pouce ou plus de diamètre, et elles ont en même tems une partie de la douceur, de la transparence et de la flexibilité du talc (1) ».

De tous les talcs, le blanc est le plus beau (2); on l'appelle *verre fossile* en Moscovie et en Sibérie où il se trouve en assez

(1) Mémoires sur l'histoire naturelle de la Lorraine, communiqués par M. l'abbé Bexon.

(2) Le talc ordinaire est une espèce de pierre onctueuse, molle, nette, couleur de perle, qu'on peut aisément séparer en lames, qui, rendues minces, ont assez de transparence. On coupe sans peine le talc au couteau; il se plie aussi; il est glissant et comme gras à l'attouchement; il se laisse difficilement briser; il résiste à un feu plus véhément, sans souffrir de changement considérable, et aucune menstrue acide ni alkaline en forme humide ne vient à bout de le dissoudre. (Wallerii, Minéralog. Voyez aussi la Lithogéognosie de Pott.)

grand volume (1) ; il se divise aisément en lames minces et aussi transparentes que le verre, mais il se ternit à l'air au bout de quelques années, et perd beaucoup de sa

(1) « Ce n'est qu'à l'an 1705 qu'on peut rapporter les premières recherches du talc, faites sur le fleuve Witim en Sibérie; comme il fut trouvé d'une qualité supérieure, les mines les plus célèbres, exploitées jusqu'alors sur d'autres rivières, furent entièrement négligées...Le talc le plus estimé est celui qui est transparent comme de l'eau claire ; celui qui tire sur le verdâtre n'a pas, à beaucoup près, la même valeur; on en a trouvé des tables qui avoient près de deux aunes en carré, mais cela est fort rare: les tables de trois quarts ou d'une aune sont déjà fort chères, et se paient, sur le lieu, un ou deux roubles la livre; le plus commun est un quart d'aune; il coûte huit à dix roubles le pied. La préparation du talc consiste à le fendre par lames avec un couteau mince à deux tranchans. On s'en sert dans toute la Sibérie au lieu de vitres, pour les fenêtres et les lanternes ; il n'est point de verre plus clair et plus net que le bon talc ; dans les villages de la Russie, et même dans certaines villes, on l'emploie au même usage. La marine russe en fait une grande consommation ; tous les vitrages des vaisseaux sont de talc, parce qu'outre sa transparence, il n'est pas cassant, et qu'il résiste aux plus fortes secousses du canon : cependant il est sujet à s'altérer ; quand il est longtems exposé à l'air, il s'y forme peu à peu des

transparence. On peut en faire un bon usage pour les petites fenêtres des vaisseaux, parce qu'étant plus souple et moins fragile que le verre, il résiste mieux à toute commotion brusque, et en particulier à celle du canon.

Il y a des talcs verdâtres, jaunes et même noirs; et ces différentes couleurs qui altèrent leur transparence, n'en changent pas les autres qualités; ces talcs colorés sont à peu près également doux au toucher, souples et plians sous la main, et ils résistent, comme le talc blanc, à l'action des acides et du feu.

Ce n'est pas seulement en Sibérie et en Moscovie, que l'on trouve des veines ou des masses de talc; il y en a dans plusieurs autres contrées, à Madagascar (1), en Ara-

---

taches qui le rendent opaque; la poussière s'y attache, et il est très-difficile d'en ôter la crasse et l'impression de la fumée, sans altérer sa substance». (Voyage en Sibérie par M. Gmelin, Histoire générale des voyages, tome XVIII, page 272 et suivantes.)

(1) Mémoires pour servir à l'Histoire des Indes orientales; Paris, 1702, page 173.

bie (1), en Perse (2), où néanmoins il n'est pas en feuillets aussi minces que celui de Sibérie. M. Cook parle aussi d'un talc verd qu'il a vu dans la nouvelle Zélande, dont les habitans font commerce entre eux (3). Il s'en trouve de même dans plusieurs endroits du continent et des îles de l'Amérique, comme à Saint-Domingue (4), en Virginie et au Pérou (5), où il est d'une grande blancheur et très-transparent (6); mais, en citant les relations de ces voyageurs, je dois observer que quelques-uns d'entre eux pourroient s'être trompés, en prenant pour du talc des

---

(1) Voyage de Pietro della Valle; Rouen, 1745, tome VIII, page 89.

(2) Voyage de Tavernier; Rouen, 1713, t. II, page 264.

(3) Second Voyage de Cook, tome II, page 110.

(4) Histoire générale des Voyages, tome XII, page 218.

(5) *Idem*, tome XIV, page 508.

(6) *Idem*, tome XIII, page 318 (*).

(*) On en fait commerce dans tout le Pérou, où l'on s'en sert au lieu de glaces aux fenêtres des maisons et des églises à peu près comme, dans la Nouvelle-Espagne, on emploie la pierre appelée *técali*. (Dom Ulloa, Voyage de l'Amérique méridionale, tome I, page 133.) SONNINI.

gypses, avec lesquels il est aisé de le confondre ; car il y a des gypses si ressemblans au talc, qu'on ne peut guère les distinguer qu'à l'épreuve du feu de calcination ; ces gypses sont aussi doux au toucher, aussi transparens que le talc ; j'en ai vu moi-même dans de vieux vitraux d'église, qui n'avoient pas encore perdu toute leur transparence ; et même il paroît que le gypse résiste à cet égard plus long-tems que le talc aux impressions de l'air (1).

(1) Voici ce que rapporte, au sujet du talc du Chili, un observateur moderne, naturaliste trop instruit pour confondre le talc avec le gypse : « Le verre de Moscovie s'y trouve, au Chili, où on l'appelle *cura*, dans la plus grande perfection, non seulement pour la couleur, mais encore pour la grandeur des pièces que l'on peut se procurer. On l'emploie communément pour les vitrages et pour les fleurs artificielles. Les lames de ce minéral que l'on emploie pour les vitres, et dont on fait ici beaucoup de cas, parce qu'elles sont pliantes et moins fragiles que le verre, ont souvent un pied de longueur, et je suis persuadé qu'on pourroit en avoir de deux pieds, si l'on mettoit un peu plus de soin dans l'exploitation. Cette substance est aussi blanche et transparente que le meilleur verre, et elle a une qualité qui lui paroît propre, c'est d'empêcher les passans de reconnoître ceux qui se trouve dans les appartemens ; au lieu

Il paroît aussi assez difficile de distinguer le talc de certains spaths autrement que par la cassure; car le talc, quoique composé de lames brillantes et minces, n'a pas la cassure spathique et chatoyante, comme les spaths, et il ne se rompt jamais qu'obliquement et sans direction déterminée.

La matière qu'on appelle *talc de Venise*, fort improprement *craie* d'Espagne, *craie* de Briançon, est différente du talc de Moscovie; elle n'est pas, comme ce talc, en grande feuilles minces, mais seulement en petites lames, et elle est encore plus douce au toucher et plus propre à faire le blanc de fard qu'on applique sur la peau (1).

---

que les personnes qui y sont, reconnoissent parfaitement les objets qui se trouvent par dehors. On fait moins de cas d'une seconde espèce de ce verre, qui, quoiqu'il se trouve en lames assez grandes, est tacheté de jaune, de rouge et de bleu, et ne sert par conséquent pas comme le premier. On pourroit le nommer *mica variegata* » (Histoire naturelle du Chili, par l'abbé Molina, trad. franç., p. 50.)

SONNINI.

(1) *Talcum solidum, semi-pellucidum, pictorium. Creta brianconia. Creta hispanica. Creta sartoria.* Waller. — Variété de stéatites par couches et demi-

On trouve aussi du talc en Scanie, qui n'a que peu de transparence. En Norvège il y en a de deux espèces; la première, blanchâtre ou verdâtre, dans le diocèse de Christiana, et la seconde brune ou noirâtre, dans les mines d'Aruda (1) : « En Suisse, le talc est fort commun, dit M. Guettard, dans le canton d'Uri; les montagnes en donnent qui se lève en feuilles flexibles, que l'on peut plier, et qui ressemble en tout à celui qu'on appelle communément *verre de Mos-*

---

transparentes. Craie de Briançon. (Daubenton, Tableau méthod. des min.) L'on nomme encore cette substance, qui est une stéatite pulvérulente, *talc ordinaire*, *pierre à fard*, *stéatite savoneuse*, et *talcite*. En russe, *zelenoy talc* et *briantzovoy mehl.*

SONNINI.

(1) Actes de Copenhague, année 1677. M. Pott fait à ce sujet une remarque qui me paroît fondée. Il dit que Borrichius confond ici le talc avec la pierre ollaire, et il ajoute que Broëmel est tombé dans la même erreur, en parlant de la pierre ollaire dont on fait des pots et plusieurs sortes d'autres vases dans le Semptland : en effet, la pierre ollaire, comme la molybdène, quoique contenant beaucoup de talc, doivent être distinguées et séparées des talcs purs. (Voyez les Mémoires de l'académie de Berlin, année 1746, pages 65 et suiv.)

covie(1)». On tire aussi du talc de la Hongrie, de la Bohème, de Silésie, du Tirol, du comté de Holberg, de la Stirie, du mont Bructer, de la Suède, de l'Angleterre, de l'Espagne (2), etc.

Nous avons cru devoir citer tous les lieux où l'on a découvert du talc en masse, par la raison que, quoique les micas soient répandus et, pour ainsi dire, disséminés dans la plupart des substances vitreuses, ils ne forment que rarement des couches de talc pur qu'on puisse diviser en grandes feuilles minces.

En résumant ce que j'ai ci-devant exposé, il me paroît que le mica est certainement un verre, mais qui diffère des autres verres primitifs en ce qu'il n'a pas pris, comme eux, de la solidité; ce qui indique qu'il étoit exposé à l'action de l'air, et que c'est par cette raison qu'il n'a pu se recuire assez pour devenir solide; il formoit donc la couche extérieure du globe vitrifié; les autres verres se sont recuits sous cette enveloppe, et ont

(1) Voyez les Mémoires de l'académie des sciences de Paris, année 1752, page 328.

(2) Mémoires de l'académie des sciences de Berlin, année 1746.

pris toute leur consistance ; les micas, au contraire, n'en ayant point acquis par la fusion, faute de recuit, sont demeurés friables, et bientôt ont été réduits en particules et en paillettes : c'est là l'origine de ce verre qui diffère du quartz et du jaspe, en ce qu'il est un peu moins réfractaire à l'action du feu, et qu'il diffère en même tems du feld-spath et du schorl, en ce qu'il est beaucoup moins fusible et qu'il ne se convertit qu'en une espèce de scorie de couleur obscure, tandis que le feld-spath et le schorl donnent un verre compacte et communément blanchâtre.

Tous les micas blancs ou colorés sont également aigres et arides au toucher ; mais, lorsqu'ils ont été atténués et ramollis par l'impression des élémens humides, ils sont devenus plus doux et ont pris la qualité du talc ; ensuite les particules talqueuses, rassemblées en certains endroits par l'infiltration ou le dépôt des eaux, se sont réunies par leur affinité et ont formé les petites couches horizontales ou inclinées, dans lesquelles se trouvent les talcs plus ou moins purs et en plaques plus ou moins étendues.

Cette origine du mica et cette composition du talc me paroissent très-naturelles ; mais, comme tous les micas ne se présentent

qu'en petites lames minces, rarement cristallisées, on pourroit croire que toutes ces paillettes ne sont que des exfoliations détachées par les élémens humides, et enlevées de la surface de tous les verres primitifs en général; cet effet est certainement arrivé, et l'on ne peut pas douter que les parcelles exfoliées des jaspes, du feld-spath et du schorl, ne se soient incorporées avec plusieurs matières, soit par sublimation dans le feu primitif, soit par la stillation des eaux; mais il n'en faut pas conclure que les exfoliations de ces trois derniers verres aient formé les vrais micas; car si c'étoit-là leur véritable origine, ces micas auroient conservé, du moins en partie, la nature de ces verres dont ils se seroient détachés par exfoliation, et l'on trouveroit des micas d'essence différente, les uns de celle du jaspe, les autres de celle du feld-spath ou du schorl; au lieu qu'ils sont tous à peu près de la même nature et d'une essence qui paroît leur être propre et particulière; nous sommes donc bien fondés à regarder le mica comme un troisième verre de la nature, produit par le feu primitif, et qui s'étant trouvé à la surface du globe, n'a pu se recuire ni prendre de la solidité comme le quartz et le jaspe.

DU FELD-SPATH (1).

Le feld-spath est une matière vitreuse, et dont néanmoins la cassure est spathique ; il n'est nulle part en grandes masses comme le quartz et le jaspe, et on ne le trouve qu'en petits cristaux incorporés dans les granits et les porphyres, ou quelquefois en petits morceaux isolés dans les argiles les plus pures ou dans les sables qui proviennent de la décomposition des porphyres et des granits ; car ce spath est une des substances constituantes de ces deux matières ; on l'y voit en petites masses ordinairement cristallisées et colorées. C'est le quatrième de nos verres primitifs ; mais, comme il semble ne pas exister à part, les anciens naturalistes ne l'ont ni distingué, ni désigné par aucun nom particulier ; et comme il est presque

(1) *Spatum durum lateribus nitidis ad chalybem scintillans. Spatum pyrimachum. Spatum durum scintillans Linnœi.* Waller.— Spath étincelant. Feld-spath. (Daubenton, Tableau méthodique des minéraux.)

SONNINI.

aussi dur que le quartz, et qu'ils se trouvent presque toujours mêlés ensemble, on les avoit toujours confondus; mais les chymistes allemands, ayant examiné ces deux matières de plus près, ont reconnu que celle du feld-spath étoit différente de celle du quartz, en ce qu'elle est très-aisément fusible, et qu'elle a la cassure spathique; ils lui ont donné les noms de *feld-spath* (spath des champs) (1), *fluss-spath* (spath fusible) (2), et on pourroit l'appeler plus proprement *spath dur* ou *spath étincelant*, parce qu'il est le seul des spaths qui soit assez dur pour étinceler sous le choc de l'acier (3).

M. Pallas confirme, par de très-bonnes

---

(1) Sans doute, parce que c'est dans les cailloux graniteux, répandus dans les champs, qu'on l'a remarqué d'abord.

(2) Ce nom devroit être réservé pour le véritable spath fusible ou spath phosphorique, qui accompagne les filons des mines, et dont il sera parlé à l'article des matières vitreuses de seconde formation.

(3) Caractère du feld-spath suivant M. Bergman : il étincelle avec l'acier;

Il se fond au feu sans bouillonnement;

Il ne se dissout qu'imparfaitement dans l'alkali minéral, par la voie sèche; mais il fait effervescence avec cet alkali, comme le quartz; il se dissout

observations, ce que je viens de dire au sujet du feld-spath qui se trouve presque toujours incorporé dans les granits, et très-rarement isolé : il ajoute que ces feld-spaths isolés se rencontrent dans les filons de certaines mines, et que ce n'est presque qu'en Suède et en Saxe qu'on en a des exemples.

« Le feld-spath, qui est la même chose que le *petunt-zé* dont on se sert pour faire la porcelaine, est, dit ce savant naturaliste, ordinairement d'une couleur plus ou moins grise dans les granits communs ; mais il s'en trouve quelquefois en Finlande, du rouge ou rougeâtre dans un granit, qui dès-lors est égal en beauté au granit rouge antique. Lorsque le feld-spath se trouve mêlé, comme c'est le plus ordinaire, dans nos granits avec le quartz et le mica, on le voit quelquefois former des masses de plusieurs pouces cubes ;

---

au feu, dans le verre de borax, sans effervescence, avec bien plus de facilité que le quartz. Nous ajouterons à ces caractères, donnés par M. Bergman, que le feld-spath est presque toujours cristallisé en rhombes, et composé de lames brillantes appliquées les unes contre les autres ; que, de plus, sa cassure est spathique, c'est-à-dire, par lames longitudinales, brillantes et chatoyantes.

mais plus souvent il n'est qu'en grains, et représente fréquemment de vraies granitelles. C'est une espèce de granitelle, coupée de grosses veines de quartz demi-transparent, qui fournit, aux environs de Catherine-Bourg, la pierre connue sous le nom d'*alliance*, dont on ne connoît presque pas d'autres exemples.

» Il est très-rare dans l'empire de Russie, de trouver de ces granits simples, c'est-à-dire, uniquement composés de quartz et de feld-spath; il est encore plus rare de trouver des roches presque purement composées de feld-spath en cristallisations plus ou moins confuses : cependant je connois un exemple d'un tel granit, sur le Selengha, près de la ville de Selenghipsk, où il y a des montagnes en partie purement composées de feld-spath gris, qui se décompose en gravier et en sable ».

Comme nous devons juger de la pureté ou plutôt de la simplicité des substances, par la plus grande résistance qu'elles opposent à l'action du feu avant de se réduire en verre, la substance du feld-spath est moins simple que celle du quartz et du jaspe, que nous ne pouvons fondre par aucun moyen; elle est même moins simple

que celle du mica qui se fond à un feu très-violent ; car le feld-spath est non seulement fusible par lui-même et sans addition au feu ordinaire de nos fourneaux, mais même il communique la fusibilité au quartz, au jaspe et au mica, avec lesquels il est intimement lié dans les granits et les porphyres.

Le feld-spath est quelquefois opaque comme le quartz, mais plus souvent il est presque transparent ; les diverses teintes de violet ou de rouge dont ses petites masses en cristaux sont souvent colorées, indiquent une grande proximité entre l'époque de sa formation, et le tems où les sublimations métalliques pénétroient les jaspes et les teignoient de leurs couleurs ; cependant les jaspes, quoique plus fortement colorés, résistent à un feu bien supérieur à celui qui met le feld-spath en fusion ; ainsi, sa fusibilité n'est pas dûe aux parties métalliques qui ne l'ont que légèrement coloré, mais au mélange de quelque autre substance. En effet, dans le tems où la matière quartzeuse du globe étoit encore en demi-fusion, les substances salines, jusqu'alors reléguées dans l'atmosphère, avec les matières encore plus volatiles, ont dû tomber les premières ; et

en se mélangeant avec cette pâte quartzeuse, elles ont formé le feld-spath et le schorl, tous deux fusibles, parce que tous deux ne sont pas des substances simples, et qu'ils ont reçu dans leur composition cette matière étrangère.

Et l'on ne doit pas confondre le feld-spath avec les autres spaths auxquels il ne ressemble que par sa cassure lamellée, tandis que, par toutes ses autres propriétés, il en est essentiellement différent, car c'est un vrai verre qui se fond au même dégré de feu que nos verres factices; sa forme cristallisée ne doit pas nous empêcher de le regarder comme un véritable verre produit par le feu, puisque la cristallisation peut également s'opérer par le moyen du feu comme par celui de l'eau, et que, dans toute matière liquide ou liquéfiée, nous verrons qu'il ne faut que du tems, de l'espace et du repos pour qu'elle se cristallise; ainsi, la cristallisation du feld-spath a pu s'opérer par le feu; mais quelque similitude qu'il y ait entre ces cristallisations produites par le feu et celles qui se forment par le moyen de l'eau, la différence des deux causes n'en reste pas moins réelle; elle est même frappante dans la comparaison que l'on peut

faire

faire de la cristallisation du feld-spath et de celle du cristal de roche ; car il est évident que la cristallisation de celui-ci s'opère par le moyen de l'eau, puisque nous voyons le cristal se former, pour ainsi dire, sous nos yeux, et que la plupart des cailloux creux en contiennent des aiguilles naissantes ; au lieu que le feld-spath, quoique cristallisé dans la masse des porphyres et des granits, ne se forme pas de nouveau ni de même sous nos yeux, et paroît être aussi ancien que ces matières dont il fait partie, quelquefois si considérable, qu'elle excède dans certains granits la quantité du quartz, et dans certains porphyres celle du jaspe, qui cependant sont les bases de ces deux matières.

C'est par cette même raison de sa grande quantité, qu'on ne peut guère regarder le feld-spath comme un extrait ou une exudation du quartz ou du jaspe, mais comme une substance concomitante aussi ancienne que ces deux premiers verres. D'ailleurs on ne peut pas nier que le feld-spath n'ait une très-grande affinité avec les trois autres matières primitives ; car, saisi par le jaspe, il a fait les porphyres ; mêlé

avec le quartz, il a formé certaines roches dont nous parlerons sous le nom de *pierres de Laponie ;* et joint au quartz, au schorl et au mica, il a composé les granits ; au lieu qu'on ne le trouve jamais intimement mêlé dans les grès ni dans aucune autre matière de seconde formation ; il n'y existe qu'en petits débris, comme on le voit dans la belle argile blanche de Limoges. Le feld-spath a donc été produit avant ces dernières matières, et semble s'être incorporé avec le jaspe et mêlé avec le quartz dans un tems voisin de leur fusion, puisqu'il se trouve généralement dans toute l'épaisseur des grandes masses vitreuses, qui ont ces matières pour base, et dont la fonte ne peut être attribuée qu'au feu primitif; et que, d'autre part, il ne contracte aucune union avec toutes les substances formées par l'intermède de l'eau, car on ne le trouve pas cristallisé dans les grès, et s'il y est quelquefois mêlé, ce n'est qu'en petits fragmens ; le grès pur n'en contient point du tout, et la preuve en est que ce grès est aussi infusible que le quartz, et qu'il seroit fusible si sa substance étoit mêlée de feld-spath. Il en est de même de l'argile blanche de

Limoges, qui est tout aussi réfractaire au feu que le quartz ou le grès pur, et qui par conséquent n'est pas composée de détrimens de feld-spath, quoiqu'on y trouve de petits morceaux isolés de ce spath qui ne s'est pas réduit en poudre comme le quartz dont cette argile paroît être une décomposition.

Le grès pur n'étant formé que de grains de quartz aglutiné, tous deux ne sont qu'une seule et même substance ; et ceci semble prouver encore que le feld-spath n'a pu s'unir avec le quartz et le jaspe que dans un état de liquéfaction par le feu, et que, quand il est décomposé par l'eau, il ne conserve aucune affinité avec le quartz, et qu'il ne reprend pas, dans cet élément, la propriété qu'il eut dans le feu de se cristalliser; puisque, nulle part dans le grès, on ne trouve ce spath sous une forme distincte, ni cristallisée de nouveau, quoiqu'on ne puisse néanmoins douter que les grès feuilletés et micacés, qui sont formés des sables graniteux, ne contiennent aussi les détrimens du feld-spath en quantité peut-être égale à ceux du quartz.

Et puisque ce spath ne se trouve qu'en

très-petit volume et toujours mêlé par petites masses, et comme par doses dans les porphyres et granits, il paroît n'avoir coulé dans ces matières et ne s'être uni à leur substance que comme un alliage additionnel auquel il ne falloit qu'un moindre dégré de feu pour demeurer en fusion ; et l'on ne doit pas être surpris que, dans la vitrification générale, le feld-spath et le schorl qui se sont formés les derniers, et qui ont reçu dans leur composition les parties hétérogènes qui tomboient de l'atmosphère, n'aient pris en même tems beaucoup plus de fusibilité que les trois autres premiers verres dont la substance n'a été que peu ou point mélangée ; d'ailleurs ces deux derniers verres sont demeurés plus long-tems liquides que les autres, parce qu'il ne leur falloit qu'un moindre dégré de feu pour les tenir en fusion : ils ont donc pu s'allier avec des fragmens décrépités et les exfoliations du quartz et du jaspe, qui déjà étoient à demi-consolidés.

Au reste, le feld-spath, qui n'a été bien connu en Europe que dans ces derniers tems, entroit néanmoins dans la composition des anciennes porcelaines de la Chine,

sous le nom de *petunt-zé*; et aujourd'hui nous l'employons de même pour nos porcelaines, et pour faire les émaux blancs des plus belles fayances.

Dans les porphyres et les granits, le feld-spath est cristallisé tantôt régulièrement en rhombes, et quelquefois confusément et sans figure déterminée; nous n'en connoissons que de deux couleurs, l'un blanc ou blanchâtre, et l'autre rouge ou rouge violet; mais on a découvert depuis peu un feld-spath verd qui se trouve, dit-on, dans l'Amérique septentrionale, et auquel on a donné le nom de *pierre de Labrador;* cette pierre dont on n'a vu que de petits échantillons, est chatoyante, et composée, comme le feld-spath, de cristaux en rhombes; elle a de même la cassure spathique; elle se fond aussi aisément et se convertit comme le feld-spath en un verre blanc; ainsi, l'on ne peut douter que cette pierre ne soit de la même nature que ce spath, quoique sa couleur soit différente; cette couleur est d'un assez beau verd, et quelquefois d'un verd bleuâtre et toujours à reflets chatoyans. La grande dureté de cette pierre la rend susceptible d'un très-beau poli, et il seroit à desirer qu'on pût l'employer comme

le jaspe ; mais il y a toute apparence qu'on ne la trouvera pas en grandes masses, puisqu'elle est de la même nature que le feld-spath, qui ne s'est trouvé nulle part en assez grand volume pour en faire des vases ou des plaques de quelques pouces d'étendue.

DU SCHORL (1).

Le schorl est le dernier de nos cinq verres primitifs ; et, comme il a plusieurs caractères communs avec le feld-spath, nous verrons, en les comparant ensemble par leurs ressemblances et par leurs différences, que tous deux ont une origine commune, et qu'ils se sont formés en même tems et par les mêmes effets de nature lors de la vitrification générale.

Le schorl est un verre spathique, c'est-à-dire, composé de lames longitudinales comme le feld-spath ; il se présente de même en petites masses cristallisées, et ses cristaux sont des prismes surmontés de pyramides, au lieu que ceux du feld-spath sont en rhombes ; ils sont tous deux également fusibles sans addition ; seulement la fusion du feld-spath

(1) Schorl, schoerl, choerl, schirl. En anglais, *cokle* et *coll* ; dans le nord, *scharl*, *scherl*, *schirl* et *skirl*. — *Corneus cristallisatus prismaticus lateribus inordinatis. Corneus cristallisatus. Schorl* Waller. — *Schorl.* Daubenton. Tableau méthod. des minér.

SONNINI.

s'opère sans bouillonnement, au lieu que celle du schorl se fait en bouillonnant. Le schorl blanc donne, comme le feld-spath, un verre blanc, et le schorl brun ou noirâtre donne un verre noir; tous deux étincellent sous le choc de l'acier; tous deux ne font aucune effervescence avec les acides; la base de tous les deux est également quartzeuze, mais il paroît que le quartz est encore plus mélangé de matières étrangères dans le schorl que dans le feld-spath, car ses couleurs sont plus fortes et plus foncées, ses cristaux plus opaques, sa cassure moins nette, et sa substance moins homogène: enfin, tous deux entrent comme parties constituantes dans la composition de plusieurs matières vitreuses en grandes masses, et en particulier dans celle des porphyres et des granits.

Je sais que quelques naturalistes récens ont voulu regarder comme un schorl, les grandes masses d'une matière qui se trouve en Limousin, et qu'ils ont indiquées sous les noms de *basaltes antiques* ou de *gabro*; mais cette matière, qui ne me paroît être qu'une sorte de trapp, est très-différente du schorl primitif; elle ne se présente pas en petites masses cristallisées en prismes surmontés de

pyramides; elle est au contraire en masses informes, et personne assurément ne pourra se persuader que les cristaux de schorl que nous voyons dans les porphyres et les granits, soient de cette même matière de trapp ou de gabro, qui diffère du vrai schorl, tant par l'origine que par la figuration et par le tems de leur formation, puisque le schorl a été formé par le feu primitif, et que ce trapp ou ce gabro n'a été produit que par le feu des volcans.

Souvent les naturalistes, et plus souvent encore les chymistes, lorsqu'ils ont observé quelques rapports communs entre deux ou plusieurs substances, n'hésitent pas de les rapporter à la même dénomination; c'est là l'erreur majeure de tous les méthodistes; ils veulent traiter la Nature par genres, même dans les minéraux, où il n'y a que des sortes et point d'espèces; et ces sortes, plus ou moins différentes entre elles, ne peuvent par conséquent être indiquées par la même dénomination; aussi les méthodes ont-elles mis plus de confusion dans l'histoire de la Nature, que les observations n'y ont apporté de connoissances; un seul trait de ressemblance suffit souvent pour faire classer dans le même genre des matières dont l'origine,

la formation, la texture, et même la substance sont très-différentes ; et, pour ne parler que du schorl, on verra, avec surprise, chez ces créateurs de genres, que les uns ont mis ensemble le schorl, le basalte, le trapp et la zéolite ; que d'autres l'ont associé, non seulement à toutes ces matières, mais encore aux grenats, aux amiantes, au jade, etc. ; d'autres à la pierre d'azur, et même aux cailloux : est-il nécessaire de peser ici sur l'obscurité et la confusion qui résultent de ces assemblages mal assortis, et néanmoins présentés avec confiance sous une dénomination commune et comme chose de même genre ?

C'est du schorl qui se trouve incorporé dans les porphyres et les granits dont il est ici question, et certainement ce schorl n'est ni basalte, ni trapp, ni caillou, ni grenat, et il faut même les distinguer des tourmalines, des pierres de croix et des autres schorls de seconde formation, qui ne doivent leur origine qu'à la stillation des eaux ; ces schorls secondaires sont différens du schorl primitif, et nous en traiterons, ainsi que de la pierre de corne et du trapp, dans des articles particuliers ; mais le vrai, le premier schorl est, comme le feld-spath, un

verre primitif qui fait partie constituante des plus anciennes matières vitreuses, et qui quelquefois se trouve dans les produits de leur décomposition, comme dans le cristal de roche, les chrysolites, les grenats, etc.

Au reste, les rapports du feld-spath et du schorl sont même si prochains, si nombreux qu'on pourroit en rigueur ne regarder le schorl que comme un feld-spath un peu moins pur et plus mélangé de matières étrangères, d'autant plus que tous deux sont entrés en même tems dans la composition des matières vitreuses dont nous allons parler.

Fin du septième Volume.

TABLE

De ce qui est contenu dans ce septième Volume.

SUITE DE LA PARTIE EXPÉRIMENTALE.

HISTOIRE DES MINÉRAUX.

Fin de la Table du septième Volume.

